Beitrag zur Kinetik der Desinfektionswirkung von gasförmigen und gelösten :: Stoffen. ::

INAUGURAL-DISSERTATION

zur

ERLANGUNG DER DOKTORWÜRDE

der

hohen Philosophischen Fakultät [Sektion II]

der

Königl. Bayer.
Ludwig-Maximilians-Universität
zu München

VORGELEGT AM 16. JUNI 1910

von

ANTON REUSS

aus

ALTÖTTING.

Beitrag zur Kinetik der Desinfektionswirkung von gasförmigen und gelösten :: Stoffen. ::

INAUGURAL-DISSERTATION

zur

ERLANGUNG DER DOKTORWÜRDE

der

hohen Philosophischen Fakultät [Sektion II]

der

AGAD.
BIBLIOTEKA

Königl. Bayer.
Ludwig-Maximilians-Universität
zu München

VORGELEGT AM 16. JUNI 1910

von

ANTON REUSS

aus

ALTÖTTING.

Druck von Ernst Fröhlich, München, Gabelsbergerstrasse 28.

Meiner lieben Mutter
in Dankbarkeit
gewidmet.

Die vorliegende Arbeit wurde im Laboratorium für angewandte Chemie an der Kgl. Universität München auf Anregung und unter Leitung des Kaiserlichen Geheimen Regierungsrates, Herrn Professor Dr. phil. et med. Theodor Paul, in der Zeit vom Sommersemester 1908 bis zum Sommersemester 1910 ausgeführt.

Es ist mir eine angenehme Pflicht, meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Professor Dr. phil. et med. Theodor Paul, sowie auch Herrn Dr. ing. Gustav Birstein, Assistent am Laboratorium für angewandte Chemie, meinen herzlichsten Dank für ihre Unterstüzung bei dieser Arbeit auch an dieser Stelle auszusprechen.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41545819_0017

Einleitung.

Seitdem man erkannt hatte, dass die Bakterien die Erreger vieler Krankheiten sind, war man darauf bedacht, Mittel zu finden, um diese Mikroorganismen durch Abtötung unschädlich zu machen. Hiezu wurde eine Reihe von Stoffen benutzt, unter denen gewisse Metallsalze und organische Stoffe eine besondere Rolle spielten. Sie werden als Desinfektionsmittel bezeichnet. Beim näheren Studium der Wirkung dieser Stoffe liessen sich auch gewisse Gesetzmässigkeiten erkennen. So fand z. B. A. Henle[1]) im Jahre 1889, dass bei den Desinfektionsvorgängen die Temperatur eine wesentliche Rolle spiele und v. Behring[2]) wies 1890 darauf hin, dass die Zahl der abzutötenden Keime von Einfluss auf den Verlauf der Desinfektion sei. Auch stellte er in demselben Jahre den allerdings nicht streng gültigen Satz auf, dass die antiseptische Wirkung einer Quecksilberverbindung im wesentlichen von ihrem Gehalt an gelöstem Quecksilber abhinge.

Nachdem in neuerer Zeit durch die Errungenschaften der physikalischen Chemie unsere Anschauungen über die Konstitution der wässerigen Lösungen von Salzen, Säuren und Basen in neue Bahnen gelenkt worden waren, gelang es, einen tieferen Einblick in das Wesen der Desinfektionsvorgänge zu erhalten, welche sich grösstenteils in wässerigen Lösungen abspielten. So fand im Jahre 1893 Dreser,[3]) dass eine Lösung des komplexen Quecksilberthio-

[1]) A. Henle, Ueber Creolin und seine wirksamen Bestandteile. Arch. f. Hygiene 9, 188 (1889).

[2]) v. Behring, Ueber Desinfektion, Desinfektionsmittel und Desinfektionsmethoden. Zeitschr. f. Hygiene und Infektionskrankheiten 9, 395 (1890).

[3]) H. Dreser, Zur Pharmakologie des Quecksilbers. Arch. f. exp. Path. u. Pharmakol. 32, 456 (1893).

sulfates eine viel geringere Wirkung auf Hefezellen ausübte, als das Quecksilberchlorid.

Besonders aber waren es Th. Paul und B. Krönig,[4]) welche die modernen Anschauungen über die Konstitution der wässerigen Lösungen auf die Desinfektionslehre anwandten und die innige Beziehung zwischen der Konstitution eines gelösten Stoffes und seiner Desinfektionswirkung feststellten. Sie wiesen unter anderem nach, dass die Desinfektionswirkung von Säuren, Basen und Salzen in engem Zusammenhange mit ihrer elektrolytischen Dissoziation steht. So werden Milzbrandsporen durch die stärkeren Säuren und Basen im allgemeinen nach Massgabe ihres Dissoziationsgrades abgetötet, d. h. entsprechend der Konzentration des in der Lösung enthaltenen Wasserstoff- oder Hydroxyljons. Die stark giftigen Lösungen der Quecksilber-, Silber- und Goldsalze verlieren ihre Giftigkeit fast vollständig, wenn diese Metalle durch geeignete Zusätze in komplexe Verbindungen übergeführt werden. Die Giftwirkung einer Silbernitratlösung kann z. B. durch Zusatz von Cyankalium fast vollkommen vernichtet und diejenige einer Sublimatlösung schon durch Zusatz von Kochsalz auf ein sehr geringes Mass herabgesetzt werden. Die Oxydationsmittel: Salpetersäure und Uebermangansäure wirken entsprechend ihrer Stellung in der für Oxydationsmittel auf Grund ihres elektrochemischen Verhaltens aufgestellten Reihe.

Diese Untersuchungen wurden noch dadurch gefördert, dass es gelang, gewisse Gesetzmässigkeiten zwischen der Zeit der Einwirkung der Desinfektionslösung und der Zahl der entwickelungsfähig bleibenden Bakterien aufzufinden. Es gelang K. Ikeda 1897, die Desinfektionsreaktion annähernd in Form der allgemeinen Gleichung auszudrücken:

$$\frac{n_1^{1/2}}{n_2^{1/2}} \times \frac{t_1}{t_2} = \text{konstant.}$$

[4]) B. Krönig und Th. Paul, Die chemischen Grundlagen der Lehre von der Giftwirkung und Desinfektion. Zeitschr. f. Hygiene und Infektionskrankheiten 25, 1 (1897).

In dieser Gleichung bedeutet n_1 und n_2 die Zahl der nach den Desinfektionszeiten t_1 und t_2 überlebenden Bakterien. Ausserdem hat er den Einfluss der Konzentration des Quecksilbers zahlenmässig zum Ausdruck gebracht.

Im Jahre 1907 fanden Th. Madsen und M. Nyman,[5]) dass, wenn man die Zahlen der überlebenden Bakterien als Ordinaten und die Einheiten der ihnen entsprechenden Desinfektionszeiten als Abszissen aufträgt, eine Kurve entsteht, welche charakteristisch für den kinetischen Verlauf der monomolekularen Reaktionen ist. Diese Tatsache wurde 1908 von H. Chick[6]) bestätigt. Schliesslich zeigte Th. Paul,[7]) dass auch das Absterben der Bakterien in der Luft bei Zimmertemperatur nach der Gleichung einer monomolekularen Reaktion vor sich geht. Er hat auch versucht, diese Gesetzmässigkeit theoretisch zu begründen. In dieser Weise ergibt sich für den kinetischen Verlauf des Desinfektionsvorganges folgende Gleichung.

$$K = \frac{1}{t} \cdot 2{,}302 \cdot \log \frac{N}{N-n} \qquad (1)$$

In dieser Gleichung bedeutet N die zu Beginn der Desinfektionszeit vorhandene Zahl der lebenden und n die Zahl der nach t Zeiteinheiten vom Desinfektionsmittel abgetöteten Bakterien. Die Grösse K kann als Desinfektionsgeschwindigkeitskonstante bezeichnet werden und stellt eine Grösse vor, welche bei einer gegebenen Bakterienart von der Konzentration und von der Temperatur des Desinfektionsmittels abhängt. Ausserdem ist auch noch die Widerstandsfähigkeit des Bakterienstammes für die Grösse K massgebend.

Der Zweck dieser Arbeit war, die Gesetzmässigkeiten, welche bei den Desinfektionsvorgängen auftreten, weiter zu verfolgen und auf allgemeine physikalsch-chemische Gesetze zurückzuführen. In dieser Absicht wurde zuerst

---

[5]) Th. Madsen und M. Nyman, Zur Theorie der Desinfektion. Zeitschr. f. Hygiene u. Infektionskrankheiten, 57, 388 (1907).

[6]) H. Chick, te investigation of the laws of disinfection. The Journal of Hygiene 8, 1 (1908).

[7]) Th. Paul, Der chemische Verlauf beim Absterben trockener Bakterien bei niederen Temperaturen. Biochem. Zeitschrift 18, 1 (1909).

die Einwirkung von Gasen und dann von gelösten Stoffen, besonders von wässerigen Säurelösungen, auf Bakterien untersucht.

Versuchsanordnung.

Wahl der Bakterien.

Zu den in dieser Arbeit beschriebenen Versuchen wurde der Eitererreger Staphylococcus pyogenes aureus benutzt, dessen sich Theodor Paul und seine Mitarbeiter wiederholt bei vergleichenden Desinfektionsversuchen bedienten, weil diese Bakterienart keine Sporen bildet und weil die Zahl der Keime, die nach den verschiedenen Desinfektionszeiten entwickelungsfähig geblieben sind, mit genügender Genauigkeit festgestellt werden kann. Ausserdem besitzen die Staphylokokken eine verhältnismässig geringe Widerstandsfähigkeit gegen chemische Stoffe, so dass auch die Desinfektionskraft schwächerer Desinfektionsmittel geprüft werden kann. Schliesslich können diese Staphylokokken als Typus für eine Reihe von pathogenen Bakterien betrachtet werden, so dass die an ihnen gemachten Erfahrungen sich vielfach direkt auf die praktischen Verhältnisse übertragen lassen.

Wahl der Methode.

Da das Hauptgewicht bei diesen Untersuchungen nicht in der Zeit, nach welcher eine vollständige Abtötung der Bakterien eintritt, sondern im zeitlichen Verlauf des Absterbens liegt, so war es zweckmässig bei diesen Versuchen, die Beobachtung auf eine Reihe von Zeiten auszudehnen, ohne gerade die vollständige Abtötung aller Bakterien abzuwarten. Nur in diesem Sinne durchgeführte Versuche lassen sich verwerten, um eine für den kinetischen Verlauf charakteristische Grösse, wie sie in der Desinfektionskonstante zum Ausdruck kommt, zu erhalten.

Es sind eigentlich nur zwei Methoden bekannt, welche ein quantitatives Arbeiten mit Bakterien ermöglichen. Die

eine kann man als die Suspensionsmethode bezeichnen, die hauptsächlich von Esmarch ausgearbeitet wurde;[8]) sie besteht darin, dass man eine Aufschwemmung von Bakterien, nach von Esmarch eine Bouillonkultur, mit einer bestimmten Menge eines Desinfektionsmittels vermischt und davon nach bestimmten Zeiten eine bestimmte Menge entnimmt, die mit einem verflüssigten Nährboden gemischt, zum Giessen einer Platte benutzt wird. Diese wird dann in den Brutschrank gebracht, worauf dann später die aufgegangenen Kolonien gezählt werden.

Die zweite Methode, der die alte Koch'sche Seidenfadenmethode zugrunde liegt, stellt die von Th. Paul und B. Krönig ausgearbeitete Granatenmethode dar, wie sie in der Abhandlung „Die chemischen Grundlagen der Lehre von der Giftwirkung und Desinfektion"[9]) ausführlich beschrieben worden ist. Das Wesen dieser Methode ist in Kürze folgendes: Die Bakterien werden an möglichst gleich grosse Granaten angetrocknet. Man lässt auf diese Granaten das Desinfektionsmittel einwirken, schüttelt dann in einem Glasröhrchen die Bakterien mit etwas Wasser von den Granaten herunter und mischt das Ganze mit verflüssigtem Agarnährboden, der dann in eine Petri'sche Schale ausgegossen wird. Diese werden dann weiter wie oben behandelt.

Es wurde, wie unten gezeigt wird, versucht, ein Mass für die Genauigkeit dieser beiden Methoden zu finden. Unter gewissen Voraussetzungen besitzt man in den berechneten Durchschnittsfehlern der Bakterienzahlbestimmungen einen Masstab für die Genauigkeit der Methode. In dieser Hinsicht ist ohne Weiteres klar, dass bei beiden Methoden ein Umstand von besonderer Wichtigkeit sein wird, das ist die gleichmässige Verteilung der Bakterien. Nun hat sich, wie später gezeigt werden wird, herausgestellt, dass die Suspensionsmethode in Bezug auf die gleichmässige Verteilung der Bakterien der Granaten-

---

[8]) v. Esmarch, Das Kreolin, Zentralblatt f. Bakteriologie und Parasitenkunde 2, 295 (1887).

[9]) Zeitschrift f. Hygiene und Infektionskrankheiten 25, 1 (1897).

methode ziemlich nahe steht, so dass in dieser Beziehung allein der Vorzug der einen Methode vor der anderen keine besonderen Vorteile bieten würde. Doch sind es noch andere Umstände, welche für die Wahl der Methode massgebend waren. Da nämlich auch die Einwirkung von Gasen auf Bakterien untersucht werden sollte, so versprach die Granatenmethode in diesem Falle ganz besonders zweckmässig zu sein. Zwar lassen sich auch Suspensionen mit Gasen zusammen einschliessen und diese würden unter diesen Bedingungen wahrscheinlich auch eine Abtötung der Bakterien hervorgerufen haben, doch ist man nicht genau unterrichtet über den Wert der Konzentration des Gases, welcher dabei in der Suspension herrscht. Diese Unsicherheit fällt bei der Granatenmethode weg. Ein weiterer Vorteil der letzteren ist der Umstand, dass nach der Einwirkung des Desinfektionsmittels die Entgiftung der Bakterien, welche bekanntlich unumgänglich notwendig ist, viel leichter durchgeführt werden kann, wie bei der Suspensionsmethode. Diese Gründe waren massgebend dafür, dass die Versuche in dieser Arbeit nach der Granatenmethode durchgeführt wurden. Jedoch werden zum Vergleich auch einige Versuche nach der Suspensionsmethode ausgeführt.

Herstellung der Kulturen und der Versuchsgranaten.

Bevor auf die Herstellung der Kulturen eingegangen werden soll, ist noch zu erwähnen, dass der ausschliesslich zur Verwendung gelangte Agrarnährboden nach der Vorschrift von Th. Paul hergestellt wurde, wie sie in der Abhandlung „Th. Paul, Entwurf zur einheitlichen Wertbestimmung chemischer Desinfektionsmittel, Berlin, Springer, 1901, S. 28“[10]) angegeben ist. Eine Reinkultur von Staphylococcus pyogenes aureus wurde auf in Röhrchen schräg erstarrtem Agarnährboden ein oder zweimal übergeimpft und davon wurden wiederum zwölf ebensolche Agarröhrchen auf einmal geimpft. Nach vierundzwanzigstündigem Stehen im Brutschranke bei +37,5° wurden in

[10]) Zeitschr. f. angew. Chemie (1901), Heft 14 u. 15.

jedes derselben ein bis zwei ccm steriles Wasser gebracht und die an der Oberfläche des Agarnährbodens befindlichen Bakterienrasen durch vorsichtiges Umrühren mit einem Platindrahte in dem Wasser verteilt. Die so erhaltene Bakterienaufschwemmung wurde in eine sterile Porzellanreibschale gegossen und ungefähr 1 Minute lang mit dem Pistille durchgemischt und mit soviel Wasser versetzt, dass das Volum der Flüssigkeit 50 bis 60 ccm betrug. Nachdem sie durch ein steriles doppeltes Filter (Filter Nr. 595 der Firma Carl Schleicher & Schüll in Düren, Rheinland) filtriert worden war, wurde die Flüssigkeit in einen sterilen Erlenmeyerkolben von 1½ l gebracht, der 700 g böhmische Tariergranaten von 2,4 bis 2,6 mm Durchmesser enthielt.[11]) Diese Granaten waren durch Behandeln mit konzentrierter Salzsäure in der Wärme und durch sorgfältiges Auswaschen mit Wasser gereinigt und dann durch ½stündiges Erhitzen auf 180° sterilisiert worden. Nachdem die Granaten mit der Bakterienaufschwemmung einige Zeit geschüttelt worden waren, wurde der Ueberschuss der Flüssigkeit abgegossen. Die feuchten Granaten kommen nun zur Entfernung der anhängenden Flüssigkeit in eine Glasdoppelschale von 15 cm Durchmesser, deren Boden mit einer dicken Lage von sterilem Filtrierpapier bedeckt war. Nachdem die Granaten einige Minuten lang durch kreisförmige Bewegungen der Schale gemischt worden waren, bis nur noch wenige an den Schalenwandungen haften blieben, machten sie den Eindruck, als ob sie von einer gleichmässigen, dünnen Feuchtigkeitsschicht bedeckt wären.

Hierauf wurden die Granaten getrocknet. Dazu diente ein rechteckiger Kasten aus Nickelblech von 28 cm Länge, 17 cm Breite und 9 cm Tiefe, der drei Horden aus verzinktem Eisendraht enthielt. Diese Horden lagen übereinander. Der Abstand von der unteren zur mittleren betrug 4 cm und von der oberen zur mittleren 2,5 cm. An

---

[11]) Da die käuflichen Tariergranaten oft erheblich in der Grösse von einander abweichen, wurden sie mit Hilfe von Sieben verschiedener Maschenweite in Gruppen von annähernd gleicher Korngrösse getrennt.

den Seitenwänden war der Kasten mit Löchern versehen, um eine beserre Durchlüftung zu erzielen. Dieser Kasten stand auf vier Füssen in einer flachen Schale aus Zinkblech, die frisch entwässertes Chlorcalcium enthielt. Das Ganze befand sich in einem grossen viereckigen Zinkblechgefäss mit übergreifendem Deckel. Der Kasten und die Einsätze wurden vor dem Einbringen der Granaten durch einstündiges Erhitzen auf 130° und das Zinkblechgefäss durch Bestreichen mit der Bunsenflamme steril gemacht. In diesem Kasten blieben die Granaten vierundzwanzig Stunden bei Kellertemperatur. Hierauf wurden sie in sterile Glasröhrchen abgefüllt, die an einer verjüngten Stelle zugeschmolzen wurden. Die zugeschmolzenen Röhrchen, die eine Länge von 12 cm und einen Durchmesser von ungefähr 2 cm hatten, enthielten 400 bis 600 Granaten im Gewichte von 20 bis 30 g. Die Röhrchen wurden deshalb so lange gewählt, damit oberhalb der Granaten genügend freier Raum blieb und beim Zuschmelzen keine erhebliche Temperaturerhöhung der angetrockneten Bakterien stattfand. Diese Röhrchen wurden dann bei tiefer Temperatur aufbewahrt, worüber weiter unten noch ausführlicher berichtet werden soll.

Ausführung der Desinfektion.

In allen Fällen wurden die Granaten nach dem Herausnehmen aus der Kältemischung etwa ½ Stunde lang in dem geschlossenen Röhrchen aufbewahrt, so dass sie sich auf Zimmertemperatur erwärmten. Dadurch wurde verhindert, dass sie bei der Berührung mit Luft infolge des bedeutenden Temperaturunterschiedes Wasserdampf auf ihrer Oberfläche kondensierten. Da die Versuchsanordnung bei gasförmigen Desinfektionsmitteln sich wesentlich anders gestaltet, als bei flüssigen Desinfektionsmitteln, so sollen diese beiden Fälle getrennt besprochen werden.

a) Gasförmige Desinfektionsmittel.

Für die Versuche, bei denen die Bakterien der Einwirkung verschiedener Gase auszusetzen waren, wurden je 8 Granaten in gläserne Versuchsröhrchen von etwa 7 cm Länge und 8 mm lichter Weite, die etwa 3 cm fassten, eingetragen. Nach längerem Einleiten des Versuchsgases

wurden diese Röhrchen an einer verjüngten Stelle zugeschmolzen. Die Zahl der nach der Einwirkung der Gase keimfähig gebliebenen Bakterien wurde auf folgende Weise bestimmt: Von den Versuchsgranaten wurden 6 Stück einzeln mit je 4 sterilen Granaten und 3 ccm Wasser in Probierröhrchen mit Watteverschluss 5 Minuten lang mit Hilfe einer von K. Rehnitz in München konstruierten Schüttelmaschine,[12]) die durch einen Elektromotor angetrieben wurde, geschüttelt. Die Umdrehungszahl des Elektromotors wurde mit Hilfe eines Widerstandes so reguliert, dass die Zahl der Schüttelstösse 700 in der Minute betrug. Darauf wurde der Inhalt jedes Probierröhrchens mit 12 ccm flüssigem, auf +42° abgekühltem Agarnährboden gemischt und das Gemisch in eine Petrischale ausgegossen. Nachdem die Platten etwa 1½ Tage lang im Brutschrank bei ungefähr +37,5° aufbewahrt worden waren, wurden die Kolonien gezählt.

b) Flüssige Desinfektionsmittel.

Die Ausführung der Versuche mit flüssigen Desinfektionsmitteln gestaltete sich folgendermassen: Dickwandige Glasschalen von 4 cm Höhe und 7 cm Durchmesser mit aufgeschliffenem Deckel wurden mit etwa 65 ccm der Desinfektionsflüssigkeit beschickt. Ausserdem wurden in die Schalen mehrere ausgeglühte und wieder erkaltete Platinsiebchen gestellt. Diese bestanden aus einem viereckigen, dünnen, durchlochten Platinblech von 2 cm Seitenlänge, das auf drei Seiten einen aufgebogenen Rand hatte und mit einem Platinhenkel versehen war. Die Schalen wurden in einen grossen Wasserthermostaten von konstanter Temperatur gestellt, so dass die äussere Flüssigkeit höher stand, wie die innere. Bei Versuchen, die bei 0° auszuführen waren, wurden die Desinfektionsschalen in ein flaches Gefäss gestellt, das eine Mischung von gestossenem Eis und Wasser enthielt. Bei den über +18° liegenden Temperaturen wurde ein zirka 100 Liter fassenden Emaillegefäss benutzt, in das ein durchlöcherter Boden zum Aufstellen der Desinfektionsschalen gehängt wurde. Die Temperatur dieser grossen Wassermenge liess sich durch eine Bunsen-

[12]) Siehe Abbildung Seite 83.

flamme leicht regulieren, wobei die Mischung der Wassermasse durch einen beständigen Luftstrom erfolgte. Das Messen der Temperatur erfolgte gewöhnlich im Wasser des Thermostaten. Dagegen bei denjenigen Versuchen, welche speziell den Einfluss der Temperaturen zum Gegenstand hatten, wurde die Temperatur im Innern der Schale gemessen. Zu diesem Zwecke war der Deckel der Schale in zwei Teile zerschnitten, von denen die eine Hälfte zum Herausnehmen der Granaten abgenommen wurde, während die andere liegen blieb und in einer Bohrung ein speziell für diesen Zweck angefertigtes Thermometer trug, dessen kurzer Quecksilberbehälter vollständig in die Desinfektionsflüssigkeit eintauchte.

Waren sämtliche Vorbereitungen getroffen, dann wurden die Granaten, die wie oben erwähnt, nunmehr Zimmertemperatur hatten, etwa 10 Minuten lang in einem Glasröhrchen, das mit einer Glaskappe versehen war, in den Thermostaten gehängt, um genau dessen Temperatur anzunehmen und dann in die Desinfektionsflüssigkeit geschüttet. Mittels einer Pinzette mit Platinarmen wurden dann etwa 35 Granaten innerhalb der Desinfektionsflüssigkeit auf die Platinsiebchen gelegt, die nach bestimmten Zeiten mit der Pinzette herausgenommen und zunächst durch dreimaliges Eintauchen in eine Petrischale mit sterilem Wasser von der Hauptmenge des adhärierenden Desinfektionsmittels befreit wurden. Dann wurden die Granaten in eine zweite Petrischale, die eine Entgiftungsflüssigkeit enthielt, geschüttet. Dieser Moment wurde als der Endpunkt der Desinfektionszeit betrachtet.

Als Entgiftungsflüssigkeit wurde, da es sich fast nur um Säuren handelte, eine Ammoniaklösung angewendet, die in 100 ccm 0,1 g NH_3 enthielt. In dieser Lösung blieben die Granaten $^1/_4$ bis $^1/_2$ Stunde, um hierauf mit der Platinpinzette in eine dritte Petrischale mit sterilem Wasser gebracht zu werden. Es hatte sich bei den Versuchen gezeigt, dass das verschieden lange Verweilen in diesen Flüssigkeiten von unbedeutendem Einfluss ist auf die Bakterienzahl der Granaten. Hierauf wurden die Granaten mit der Pinzette zu je 5, bei einigen Versuchen zu je 10,

in 6 Röhrchen, die je 3 ccm Wasser enthielten und mit Wattebauschen verschlossen waren, eingetragen und die Röhrchen geschüttelt. Bei den ersten Versuchsreihen (bis einschliesslich Versuchsreihe 12) wurden die in einem Drahtkörbchen befindlichen Röhrchen 3 Minuten lang mit der Hand geschüttelt. Bei den übrigen Versuchsreihen mit der oben erwähnten Schüttelmaschine, und zwar bei Versuchsreihe 13 ebenfalls 3 Minuten lang und bei allen übrigen 5 Minuten lang. Die Geschwindigkeit des Schüttelns war wie bei den Versuch mit Gasen wieder so reguliert, dass 700 Stösse in der Minute erfolgten.

Der Inhalt der Röhrchen wurde dann wieder wie oben, mit 12 ccm Agarnährboden gemischt und in eine Petrischale gegossen. Nach 1½ bis 2tägigem Stehen im Brutschrank bei +37,5° wurden die aufgegangenen Kolonien gezählt.

Bei einem Teil der Versuche mit flüssigen Desinfektionsmitteln (von Versuch 31 bis einschliesslich Versuch 48) wurde von der eben beschriebenen Technik abgewichen. Es wurden nämlich nicht je 5 Granaten in 6 Schüttelröhrchen, sondern alle 30 Granaten in 1 Röhrchen, das 3 ccm Wasser enthielt, gebracht und dieses nach dem Schütteln auf 12 ccm aufgefüllt. Von dieser Bakteriensuspension wurden in einer sterilen Pipette 3mal je 2 ccm entnommen, mit je 12 ccm flüssigem Agarnährboden von +42° gemischt, was durch Aufsetzen eines durch Auskochen sterilisierten Gummistopfens ermöglicht wurde und schliesslich in eine Petrischale ausgegossen.

Einige Versuche wurden in der Weise ausgeführt, dass die Granaten für je eine Desinfektionszeit sich in einem besonderen Glaskölbchen befanden. Nach Beendigung der Desinfektion wurde die Desinfektionsflüssigkeit einfach abgegossen, die Granaten mit Wasser nachgespült und dann in die Entgiftungsflüssigkeit geschüttet. Jedoch unterschieden sich die so erhaltenen Resultate nicht von denjenigen der übrigen Versuche.

Bei den wenigen nach der Suspensionsmethode ausgeführten Versuchen wurde erst eine Bakterienemulsion wie bei der Bereitung der Versuchsgranaten hergestellt

und davon wurden einige ccm zu etwa 500 ccm Desinfektionslösung gegeben, deren Gehalt an wirksamen Stoff so bemessen war, dass die fertige Mischung genau die gewünschte Stärke bekam. Die Desinfektionsflüssigkeit befand sich in einem cylindrischen Gefässe, das von einer Glaskappe bedeckt im Thermostaten stand und ausserdem 3 Pipetten zu einem ccm enthielt. Mittels dieser wurde nach bestimmten Zeiten 3mal je 1 ccm rasch hintereinander entnommen und, da es sich um Desinfektion mit Säuren handelte, mit je 2 ccm $^1/_{50}$ normaler Natriumkarbonatlösung gemischt und diese Mischung wie oben mit 12 ccm Agarnährboden ausgegossen.

Bakterienzahl-Bestimmung.

Bei der Zählung der keimfähig gebliebenen Kolonien wurde folgendermassen verfahren. Bis zu wenigstens 300 Kolonien auf einer Platte wurde jede einzelne Kolonie gezählt und dabei auf den äusseren Boden der Schale über dieselbe ein Tintenpunkt gemacht. Bis ungefähr 6000 Kolonien wurden die Kolonien von je 10 grossen Quadraten und bis 100 000 Kolonien diejenigen von je 20 kleinen Quadraten der Wolffhügelschen Zählscheibe gezählt und diese Zahlen auf die ganze Platte multipliziert. Alle Petrischalen hatten deshalb die gleiche Grösse. Waren mehr wie 100 000 Kolonien auf einer Platte, so wurde die Zahl als unendlich angegeben. Die Quadrate waren so gewählt, dass sie sich immer in der gleichen Anordnung befanden. Da immer 6 resp. 3 gleiche Platten gegossen wurden, so erhielt man 6 resp. 3 Zahlen, von denen die Mittel genommen wurden und welche die Anzahlen der keimfähig gebliebenen Bakterien darstellten. Dieselben sollen im folgenden als Bakterienzahlen bezeichnet werden.

Haltbarkeit der Versuchsgranaten.

Wie in der oben erwähnten Abhandlung von Th. Paul und Fr. Prall über die Wertbestimmung von Desinfektionsmitteln gezeigt wurde, kann man die Staphylokokken, die bei der Zimmertemperatur verhältnissmässig schnell ihre Keimfähigkeit und ihre Widerstandsfähigkeit gegenüber

chemischen Desinfektionsmitteln ändern, lange Zeit unverändert bei der Temperatur der flüssigen Luft aufbewahren. Man braucht jedoch, wie bereits in der ebenfalls oben erwähnten Abhandlung von Th. Paul über den chemischen Reaktionsverlauf beim Absterben trockener Bakterien bei niederen Temperaturen mitgeteilt wurde, nicht so tief mit der Temperatur herabzugehen, sondern es genügt schon die Temperatur von ungefähr —80°, die durch Mischen von fester Kohlensäure mit Aether erhalten werden kann, um die Staphylokokken wochenlang unverändert zu erhalten.

Nachstehend sind die Ergebnisse einiger vergleichender Desinfektionsversuche mit Granate II angeführt, von der ein Teil 39 und 48 Tage in flüssiger Luft, ein anderer ebenso lange in der Kohlensäure-Aether-Mischung aufbewahrt worden war. Bei diesen Versuchen gelangte die als Desinfektionsflüssigkeit benutzte verdünnte Salzsäure immer auf die gleiche Bakterienmenge zur Einwirkung.

Nach 10 Minuten langer Einwirkung von 100-litriger (0,01 normaler) Salzsäure bei +10° blieben:

1. von den in flüssiger Luft 39 Tage aufbewahrten Bakterien 1028 Stück (Mittelwert aus 6 Bestimmungen),

2. von den in der Kohlensäure - Aether - Mischung 39 Tage aufbewahrten Bakterien 955 Stück (Mittelwert aus 5 Bestimmungen), keimfähig.

Nach 48tägiger Aufbewahrung der Granaten bei jenen tiefen Temperaturen wurden bei der bei +26° vorgenommenen Desinfektion mit 100-literiger (0,01 normaler) Salzsäure folgende Zahlenwerte erhalten:

1. Es blieben von den in flüssiger Luft aufbewahrten Bakterien:

a) nach 16 Minuten langer Desinfektion 14 Stück,

b) nach 20 Minuten langer Desinfektion 6 Stück keimfähig.

2. Es blieben von den in der Kohlensäure-Aether-Mischung aufbewahrten Bakterien:

a) nach 16 Minuten 22 Stück,

b) nach 20 Minuten 9 Stück

keimfähig.

Berechnet man hieraus mit Hilfe der integrierten Gleichung für die monomolekularen Reaktionen die Desinfektionsgeschwindigkeitskonstante K für +26°, so ergeben sich folgende Werte:

K bei Aufbewahrung in flüssiger Luft = 0,212,

K bei Aufbewahrung in Kohlensäure-Aether-Mischung = 0,223.

Hieraus folgt, dass innerhalb von 48 Tagen die Widerstandsfähigkeit der in flüssiger Luft aufbewahrten Staphylokokken gegen verdünnte Salzsäure annähernd die gleiche war wie diejenige der in der Kohlensäure-Aether-Mischung aufbewahrten.

Die Mischung von fester Kohlensäure und Aether befand sich in einem doppelwandigen, luftleer gemachten, innen versilberten und aussen mit Filz umkleideten Weinholdschen Gefässe. Dieses Gefäss hatte dieselben Grössenverhältnisse wie dasjenige, das von Th. Paul und Fr. Prall zur Aufbewahrung der Bakterien in flüssiger Luft benutzt und von ihnen beschrieben worden ist.[13]) Die Röhrchen mit den Granaten wurden direkt in die Kohlensäure-Aether-Mischung gebracht. Die letztere wurde in der Weise hergestellt, dass man in jenes Gefäss 2 l Aether goss und in diesen allmählich 1 bis 1,5 kg feste Kohlensäure eintrug. Der durch Verdampfen entstandene Kohlensäureverlust betrug während 24 Stunden etwa 300 g. Alle 2 bis 3 Tage musste demgemäss die verdampfte Kohlensäure ergänzt werden. Der Aether verdampfte in sehr geringen Mengen, so dass man nur in Zwischenräumen von mehreren Wochen etwas Aether zugeben musste. Die Temperatur der Kohlensäure-Aether-Mischung hält sich so lange in der Nähe von ungefähr —80°, als die feste Phase vorhanden ist. Erst wenn dies nicht mehr der Fall ist, steigt die Temperatur ganz allmählich an. Dieses Verhalten des Gemisches erinnert an die Erscheinungen, die für einen kryohydratischen Punkt charakteristisch sind.

---

[13]) Th. Paul und F. Prall, Die Wertbestimmung von Desinfektionsmitteln mit Staphylokokken, die bei der Temperatur der flüssigen Luft aufbewahrt wurden. Arbeiten aus dem Kaiserl. Gesundheitsamt. 26, 2, (1907).

Versuchsfehler.

Genauigkeit der Bakterienzahlbestimmung.

Wie aus Gleichung (1) der Einleitung hervorgeht, sind bei den Beobachtungen zwei Grössen zu bestimmen: Die Zeit und die Bakterienzahl. Während die Zeit einfach und genau gemessen werden kann, sind die Bakterienzahlbestimmungen mit Fehlern behaftet. Ausserdem ist es von grosser Wichtigkeit, Granaten herzustellen, die nicht nur gleichmässig von den Bakterien bedeckt sind, sondern auch einheitlich sind, so dass die den einzelnen Granaten zukommenden Bakterienmengen möglichst die gleichen sind. Bei der Berechnung der Konstanten wird doch vorausgesetzt, dass diese Grösse für alle Granaten denselben Wert hat. Die Abweichungen in dieser Beziehung werden bei der Granatenmethode denselben Einfluss ausüben, wie eine ungleichmässige Verteilung der Bakterien im Suspensionsmittel bei der Suspensionsmethode.

Um eine Schätzung der Genauigkeit der verschiedenen benutzten Arbeitsmethoden zu ermöglichen, wurde folgender Weg eingeschlagen: Bei der benutzten Versuchsanordnung wurden für jede Desinfektionszeit sechs einzelne Bakterienzahlen erhalten, die unter sich mehr oder weniger abwichen; das arithmetische Mittel aus diesen sechs Zahlen, d. h. die durchschnittliche Bakterienzahl oder Mittelzahl, die auch zur Ermittelung der Desinfektionsgeschwindigkeitskonstante benutzt wurde, ist auch zur Berechnung des Durchschnittsversuchsfehlers herangezogen worden. Zu diesem Zwecke wurden die Differenzen zwischen den einzelnen Bakterienzahlen und der Mittelzahl gebildet. Der Mittelwert dieser Differenzen ohne Rücksicht auf ihre Vorzeichen, ausgedrückt in Prozenten der Mittelzahl, gibt den gesuchten Durchschnittsfehler der Methode an. Die in dieser Weise sowohl bei der Granatmethode wie bei der Suspensionsmethode durchgeführten

Berechnungen sind in den Tabellen 1 bis 3 angeführt und in Tabelle 4 übersichtlich dargestellt. Bei der Betrachtung der letzten Tabelle ersieht man, dass die Durchschnittsfehler der Suspensionsmethode in denjenigen Fällen, in denen die Bakterienemulsion vorher nicht zentrifugiert wurde, bedeutend grösser sind, als bei der Granatmethode.

Allerdings enthält der so gebildete durchschnittliche Fehler auch den Einfluss der Zählungsungenauigkeit. Dieser kann aber auf Grund anderer Versuche eliminiert werden. Wie schon erwähnt, wurden nämlich bei vielen Versuchen, anstatt je fünf Granaten von den zu jeder Desinfektionszeit gehörigen 30 Versuchsgranaten für sich mit 3 ccm Wasser zu schütteln, alle 30 Versuchsgranaten zusammen mit 3 ccm Wasser geschüttelt. Von dieser mit Wasser auf 12 ccm verdünnten Bakterienemulsion wurden dann mit Hilfe einer Pipette dreimal je 2 ccm entnommen und zur Anlegung von Plattenkulturen benutzt. Bei dieser Arbeitsweise verschwindet scheinbar der Einfluss der Uneinheitlichkeit der Granaten, ohne dass diese im mindesten ihren Einfluss auf die Konstante einbüsste. Die aus diesen Zahlen ermittelten Werte der Durchschnittsfehler liefern, wenn man von der ungleichmässigen Verteilung der suspendierten Bakterien absieht, ein Mass der Ungenauigkeit der Zählmethode. (Tabelle 4, Versuch 37). Man kann also die Werte der Durchschnittsfehler bei der üblichen Methode des Plattengiessens als Gesamtmass der Ungleichmässigkeit der Granaten und der Bakterienzahlbestimmungsfehler betrachten. Dagegen sind diese Werte der letzt erwähnten Methode hauptsächlich als Mass der Ungenauigkeit der Zählungsmethode anzusehen. Die in diesr Weise durchgeführten Berechnungen haben gezeigt, dass bei der üblichen Methode unter 187 Bakterienzahlbestimmungen nur 9 mit einem Durchschnittsfehler von unter 10% vorhanden sind. 41 Bakterienzahlbestimungen liegen innerhalb 20%, 36 innerhalb 30%, 35 innerhalb 40%, 25 innerhalb 50%, 17 und 10 innerhalb 60% und 70%. Ausserdem kommen einzelne Werte vor, die auch ausserhalb dieser Grenze liegen. Ferner hat sich herausgestellt, dass im grossen und ganzen der Durch-

schnittsfehler desto kleiner wird, je grösser die Bakterienzahl an und für sich ist. Abgesehen von den seltenen Abweichungen kann der Mittelwert dieser Durchschnittsfehler nur mit 30% geschätzt werden. Dagegen liegen die meisten Durchschnittsfehler bei Anwendung der zweiten Methode zwischen 2% und 9%. Einen besonderen Einfluss der Grösse der Bakterienzahl auf die Genauigkeit ihrer Bestimmung kann man bei dieser Methode nicht erkennen, obwohl manchmal bei sehr kleinen Bakterienzahlen, welche durch direkte Zählung bestimmt wurden, grössere Durchschnittsfehler beobachtet wurden. Dieselben sollen aber nicht näher in Betracht gezogen werden, da sie wahrscheinlich der ungleichmässigen Verteilung der suspendierten Bakterien zuzuschreiben sind; es ist ohne weiteres klar- dass bei sehr verdünnten Suspensionen diese Ungleichmässigkeit von besonderem Einfluss sein wird. Nach alledem kann der Durchschnittsfehler der Zählmethode auf vielleicht höchstens 5% geschätzt werden. Zieht man diesen Fehler von dem oben besprochenen Durchschnittsfehler bei der Bestimmung der Bakterienzahlen ab, so bleibt als Durchschnittsfehler für die Ungleichmässigkeit der Granaten ein Wert von 25% übrig.

Versuche, die Ungleichmässigkeit der Granaten auszuschalten.

Diese Beobachtung hat Anlass gegeben, nach einem anderen Material zu suchen, durch welches sich die Granaten ersetzen liessen. Es konnte aber leider bis jetzt kein geeigneter Ersatz gefunden werden. Es war in den Glasperlen ein zweckmässigeres Material zu vermuten. In der Tat hat sich gezeigt, dass mit Hilfe von diesem hergestellte Versuchsobjekte in Bezug auf die Gleichmässigkeit und Einheitlichkeit den böhmischen Granaten gegenüber vorteilhafter sind. Das geht besonders aus den Durchschnittsfehlern der mit den Glasperlen ausgeführten Baktrienzahlbestimmungen hervor, der bei ihnen nur einen Mittelwert von etwa 19% gegenüber 30% der böhmischen Granaten erreicht. Die Glasperlen zeigen aber eine relativ geringere Widerstandsfähigkeit, sowohl Wasser bei höheren Temperaturen wie auch chemischen Reagenzien gegenüber, so

dass von ihrer Anwendung für diese Zwecke abgesehen werden musste. Schon bei der einmaligen Sterilisation im Dampf wurde die Oberfläche so angegriffen, dass einzelne Schichten losgelöst wurden, wodurch Unebenheiten an der Oberfläche entstanden. Neben diesen mechanischen Beeinflussungen fand auch ein chemischer Angriff statt, so dass man im Wasser immer das resultierende Alkali mit n_{100} Salzsäure titrieren konnte. Dieser Umstand wird bei der Desinfektion mit sehr verdünnten Säuren die Messresultate besonders beeinflussen.

Auch auf anderem Wege wurde versucht, eine bessere Gleichmässigkeit der Granaten zu erreichen, indem besonderes Gewicht auf das Trocknen derselben gelegt wurde. Bei der üblichen Methode, nach welcher die mit der Emulsion befeuchteten Granaten über Chlorcalcium getrocknet wurden, ist eigentlich keine Möglichkeit gegeben, die mit der Adhäsionsschicht mitgerissenen Emulsionsteilchen zu entfernen. Dazu bietet sich aber die Gelegenheit, wenn man die Granaten während des Trocknens einer rotierenden Bewegung aussetzt. Zu diesem Zwecke wurden die mit der Emulsion benetzten Granaten in eine horizontal liegende, um ihre Längsaxe langsam rotierende Flasche gebracht. Während diese Flasche dabei in Wasser von +35° eintauchte, wurde in das Innere der Flasche ein Strom von sorgfältig getrockneter, steriler Luft geleitet. Die so hergestellte Granate V A wurde der Einwirkung von Salzsäure verschiedener Konzentration ausgesetzt. Es hat sich dabei herausgestellt, dass bei Anwendung einer 200-litrigen Säure nach 10 Minuten etwa ebensoviel Bakterien (550) keimfähig geblieben sind, wie nach 60 Minuten. Bei einer 150-litrigen Säure ist eine schwache, aber ungleichmässige Abnahme der keimfähig gebliebenen Bakterien mit der Zeit zu beobachten gewesen. Die absoluten Zahlen derselben sind aber grösser als bei der 200-litrigen Säure, indem sie von 952 bei 8 Minuten auf 577 bei 45 Minuten sinken. Bei der 100-litrigen Säure findet ähnliches statt. Aber die absoluten Zahlen der Bakterien sind grösser als bei denjenigen, die bei der 150-litrigen Säure beobachtet wurden. So waren z. B. bei der 100-litrigen Säure nach

10 Minuten etwa 1400, bei der 150-litrigen etwa 900, bei der 200-litrigen etwa 550 keimfähig geblieben. Diese Versuche zeigen also, dass bei den so hergestellten Granaten die Bakterien dem Desinfektionsmittel nicht direkt zugängig sind. Es musste vielmehr zunächst eine die Bakterien einhüllende Schicht losgelöst werden, um dann den Zutritt des Desinfektionsmittels zu ermöglichen. Diese vorangehende Wirkung der Salzsäure verläuft um so schneller, je stärker ihre Konzentration ist, und die aus den ersten Zeiten sich ergebende Reaktionsgeschwindigkeit ist nicht für die Desinfektion massgebend, sondern für den zweiten Nebenprozess, der sich vorher abspielen muss. Auch die gemessenen Zeiten sind deshalb nicht als Desinfektionszeiten zu betrachten. Die obere, hauptsächlich aus Silikaten bestehende Schicht zu vermeiden ist kaum möglich, da bei der Herstellung dieser Granaten die Drehungsgeschwindigkeit ohnedies sehr klein gewählt wurde. Die Absicht, auf diesem Wege eine grössere Gleichmässigkeit zu erzielen, musste deshalb aufgegeben werden. In dieser Beziehung blieb noch übrig, die Suspensionsmethode zu prüfen.

Genauigkeit der Suspensionsmethode.

Bei der Beurteilung der Brauchbarkeit der Suspensionsmethode ist besonders zu erwägen, bis zu welchen Grenzen eine gleichmässige Verteilung der suspendierten Suspension im Suspendoid erreicht werden kann. Als Zahlenausdruck dieser Eigenschaft kann ebenfalls der durchschnittliche Fehler der Bakterienzahlbestimmungen benutzt werden. Bei diesen Versuchen sind 3 Arten von Suspensionen benutzt worden. Einmal wurde die filtrierte Emulsion direkt zum Desinfektionsmittel hinzugefügt und nach bestimmten Zeiten mit einer Pipette dreimal je 1 ccm zum Giessen von Platten entnommen. Im zweiten Falle wurde die Emulsion erst mit sterilen Granaten geschüttelt, um eine gleichmässige Verteilung zu erreichen. Die so erhaltenen Zahlen sind in den Tabellen 1, 2, 3 und 4 angeführt. Der durchschnittliche Fehler beträgt in beiden Versuchen 53%, was einer Genauigkeit der Gleichmässigkeit von etwa 50% entspricht, und um etwa 20% von der entsprechenden Zahl der Granatenmethode zu Ungunsten der

Tabelle 1.

(Versuchsreihe 19; am 8. März 1909.)

Einwirkung von $^1/_{100}$-normaler Salzsäure auf Staphylokokken, die in der Säure suspendiert waren.

(Diese Methode wurde nicht benutzt.)

Die Bakterienemulsion war vor der Zugabe zur Säure filtriert worden.

Einwirkungstemperatur +18°.

Einwirkungszeit in Minuten	Zahl der keimfähig gebliebenen Bakterien				Durchschnittsfehler in %
	a) auf den einzelnen Platten = 1 ccm Suspension			b) Mittelwert	
	1. Platte	2. Platte	3. Platte		
3	95	2592	94	927	120
5	126	231	27	128	54
10	243	1331	761	778	47
20	88	107	384	193	66
40	87	79	97	88	7
60	26	24	37	29	18
80	1	12	15	9	62

Mittelwert des Durchschnittsfehlers: 53%.

Tabelle 2.

(Versuchsreihe 20; am 14. März 1909.)

Einwirkung von $^1/_{100}$-normaler Salzsäure auf Staphylokokken, die in der Säure suspendiert waren.

(Diese Methode wurde nicht benutzt.)

Die Bakterienemulsion war vor der Zugabe zur Säure mit einer grösseren Menge steriler Granaten tüchtig geschüttelt und dann filtriert worden.

Einwirkungstemperatur +18°.

Einwirkungszeit in Minuten	Zahl der keimfähig gebliebenen Bakterien				Durchschnittsfehler in %
	a) auf den einzelnen Platten = 1 ccm Suspension			b) Mittelwert	
	1. Platte	2. Platte	3. Platte		
3	268	7315	43	2542	125
5	138	960	492	530	54
10	262	294	109	222	34
20	75	52	47	58	19
40	29	6	8	14	65
60	11	7	12	10	20

Mittelwert des Durchschnittsfehlers: 53%.

Tabelle 3.

(Versuchsreihe 24; am 3. April 1909.)

Einwirkung von $^1/_{100}$-normaler Salzsäure auf Staphylokokken, die in der Säure suspendiert waren.

(Diese Methode wurde nicht benutzt.)

Die Bakterienemulsion war vor der Zugabe zur Säure filtriert und längere Zeit zentrifugiert worden.

Einwirkungstemperatur +18°.

Einwirkungszeit in Minuten	Zahl der keimfähig gebliebenen Bakterien				Durchschnittsfehler in %
	a) auf den einzelnen Platten = 1 ccm Suspension			b) Mittelwert	
	1. Platte	2. Platte	3. Platte		
60	28000	39283	36345	34543	13
80	13075	16183	6566	11942	30
100	7200	5472	6524	6399	10
120	531	1030	2169	1243	49
150	56	576	441	358	56
180	54	41	67	54	16

Mittelwert des Durchschnittsfehlers: 29%.

(Tabelle 4 auf nächster Seite.)

ersteren abweicht. Nun wurde versucht, durch Zentrifugieren der Emulsion vor dem Hinzufügen zum Desinfektionsmittel alle zusammenballenden Stoffe zu entfernen. In der Tat bildete sich beim Zentrifugieren der Bakterienemulsion ein Bodensatz, der wahrscheinlich die zusammenballenden Reste der Nährsubstanz enthielt. Die überstehende Emulsion wurde zur Desinfektion benützt und ergab einen viel kleineren Wert des durchschnittlichen Fehlers von etwa 30%, der demselben Wert der Granatenmethode sehr nahe kommt. (Siehe Tabelle 3.) Daraus geht hervor, dass die Suspensionsmethode bei Anwendung von zentrifugierten Bakterienemulsionen in Bezug auf die erreichbare Gleichmässigkeit keine besonderen Vorteile im Vergleich zur Granatenmethode aufweist.

Schliesslich sei noch erwähnt, dass kein sichtbarer Einfluss auf die Bakterienzahl gefunden wurde zwischen Wasser und physiologischer Kochsalzlösung bei ihrer An-

Tabelle 4.

Vergleichende Uebersicht über die Durchschnittsfehler der drei angewandten Arbeitsmethoden.

Einwirkung von $^1/_{100}$-normaler Salzsäure auf Staphylokokken.

Suspensionsmethode* (Versuchsreihe 24) Temperatur +18°		Granatenmethode alte Ausführung (Versuchsreihe 18) Tempenatur +17,8°		Granatenmethode neue Ausführung (Versuchsreihe 37) Temperatur +18°	
Durchschnittsfehler in %	Mittelwert der Bakterien-Zahlen	Durchschnittsfehler in %	Mittelwert der Bakterien-Zahlen	Durchschnittsfehler in %	Mittelwert der Bakterien-Zahlen
13	34543	33	11578	2	49555
30	11942	17	4848	8	32429
10	6399	17	1825	1	30701
49	1243	26	1513	7	20601
56	358	45	417	7	14764
16	54	16	234	5	11731
Mittelwert des Durchschnittsfehlers: 29%		Mittelwert des Durchschnittsfehlers: 26%		Mittelwert des Durchschnittsfehlers: 5% (Vgl. Seite 16 u. 17)	

wendung zum Schütteln der Granaten. Dies Verhalten der Staphylokokken ist jedoch zu begreifen, da sie keine Plasmolyse zeigen.

Einfluss der Versuchsfehler auf die Desinfektionsgeschwindigkeitskonstante K.

Die in den einzelnen Tabellen angegebenen Desinfektionsgeschwindigkeitskonstanten K sind nach der Gleichung für die monomolekularen Reaktionen ermittelt worden, indem die nach einer der ersten Desinfektionszeiten gefundenen Zahl der keimfähig gebliebenen Bakterien als Anfangszahl gewählt wurde. Eine vollständige Uebersicht des Desinfektionsprozesses sollte eigentlich die auf die absolute Bakterienzahl der Granaten, d. h. die Zahl der an einer nicht desinfizierten Granate sitzenden Keime bezogene Konstante liefern, denn bei der anderen Berechnungsweise

*) Die Bakterienemulsion war vor der Zugabe zur Säure filtriert und längere Zeit zentrifugiert worden.

erhält man eigentlich nur ein teilweises Bild der Desinfektion, und zwar von dem Moment ab, in dem der grösste Teil der Bakterien schon abgetötet ist. Doch sind die absoluten Bakterienzahlen mit denen bei der Desinfektion bestimmten nicht direkt vergleichbar, denn bei der Entgiftung unterliegen die Granaten einer Reihe von Behandlungen, die mit der Desinfektion eigentlich nicht direkt verbunden sind, aber doch von Einfluss auf die Bakterienzahl sein können. Es wurden deshalb immer die Desinfektionskonstanten auf eine den ersten Beobachtungszeiten zukommende Bakterienzahl berechnet. Damit wird ausserdem erreicht, dass die Fehler, mit denen die Bakterienzahlenbestimmungen behaftet sind, ohne besonderen Einfluss auf die Desinfektionskonstante bleiben. Das ersieht man aus der Gleichung (1):

$$K = \frac{1}{t} \cdot 2{,}303 \cdot \log \frac{N}{N_1} = \frac{1}{t} \cdot 2{,}303 \, (\log N - \log N_1)$$

wo N die absolute Bakterienzahl und $N_1 = (N—n)$ die zur Zeit t keimfähig gebliebenen Bakterien bedeuten. Um den Einfluss zu erfahren, welchen die Fehler der Bakterienzahlbestimmungen auf den Wert der Konstante ausüben, wurde die Summe der Partialdifferenziale dieser Gleichung gebildet, und es ergab sich dann

$$d\,K = \frac{1}{t} \cdot 2.303 \left(\frac{d\,N}{N} - \frac{d\,N_1}{N_1}\right)$$

als Ausdruck für die absolute Grösse der im Werte K dadurch verursachten Abweichung. Wenn man als Anfangszahl die Zahl der nach einer gewissen Desinfektionszeit keimfähig gebliebenen Bakterien wählt, so ist $dN = dN_1$, der Ausdruck $dN = dN_1$ und der dadurch verursachte Fehler der Konstantenberechnung ebenfalls sehr klein. Wenn jedoch die mit Hilfe einer Anfangszahl berechneten Konstanten oft einen Gang zeigen, so ist das wahrscheinlich auf die Verschiedenheiten in den Widerstandsfähigkeiten der einzelnen Bakterien zurückzuführen. Das tritt besonders bei den Versuchen mit den Gasen als sehr schwach wirkenden Desinfektionsmitteln hervor.

Versuche mit Gasen.

Wahl der Versuchsgase.

Es ist längst bekannt, dass Bakterien bei Anwesenheit von Luft schon bei Zimmertemperatur einem allmählichen Absterben unterliegen. Es lag nahe, dies auf eine Reaktion zurückzuführen, welche zwischen einem Bestandteil der Bakteriensubstanz und dem Luftsauerstoff vor sich geht. In diesem Falle wäre es zu erwarten, dass diese Reaktion, wie die Desinfektionsreaktion mit flüssigen Stoffen, sich ebenfalls kinetisch verfolgen lässt. Neben Th. Madsen und M. Nyman[14]) hat auch Th. Paul[15]) auf Grund seiner früheren Versuche die Anwendung der monomokularen Gleichung auch in diesem Falle durchgeführt und die Desinfektionskonstante für diesen Fall berechnet. Es war deshalb von Interesse, diese Versuche auf Sauerstoff-Stickstoff-Gemische von verschiedener Sauerstoffkonzentration und auch bei verschiedenen Temperaturen auszudehnen. Dazu dienten:

1. Luft.
2. Stickstoff und Sauerstoff (54,6% O, 45,4% N).
3. Stickstoff und Sauerstoff (63,2% O, 36,8% N).
4. Technischer Sauerstoff (96,2% O, 3,8% N).

Die Zusammensetzung der Mischungen 2 und 3, sowie des technischen Sauerstoffes war durch wiederholte Analysen ermittelt worden. Bei der Mischung 2 wurde der Sauerstoff durch Absorption mittels pyrogallolsaurem Kalium und bei der Mischung 3, sowie beim technischen Sauerstoff durch Absorption mittels Phosphor in der Hempel'schen Bürette bestimmt. Der Stickstoff wurde durch Differenz gefunden.

---

[14]) Th. Madsen und M. Nyman, Zur Theorie der Desinfektion, Zeitschr. f. Hygiene 57, 388 (1907).

[15]) Theodor Paul, Der chemische Reaktionsverlauf beim Absterben trockener Bakterien bei niederen Temperaturen. Biochemische Zeitschr. 18, 1 (1909).

Die Abtötungsgeschwindigkeit bei Behandlung der Staphylokokken mit Sauerstoff-Stickstoff-Gemischen ist aus den Zahlen der nach verschiedenen Einwirkungszeiten keimfähig gebliebenen Bakterien ersichtlich, die in den Versuchstabellen 5 bis 15 ausführlich mitgeteilt sind. Eine übersichtliche Zusammenstellung der Mittelwerte findet sich in der Tabelle 16.

Tabelle 5.

(Vorversuche; Versuchsreihe 25; vom 4. bis 8. April 1909.)

A. Einfluss der Einwirkung von Luft auf die Lebensdauer von angetrockneten Staphylokokken.

Staphylokokkengranate VIa.

(Staphylokokken aus Harn gezüchtet.)

Temperatur, bei der die Luft zur Einwirkung gelangte: +18,2°.

Einwirkungszeit in Stunden	Zahl der keimfähig gebliebenen Bakterien a) auf den einzelnen Platten 1. Platte	2. Platte	3. Platte	4. Platte	5. Platte	b) Mittelzahl	Desinfektionskonstante 60 K
38	2361	2822	3225	2304	2304		
93	208	1196	2016	806	665		
	6. Platte	7. Platte	8. Platte	9. Platte	10. Platte		bezogen auf 3247 als Anfangszahl
38	7603	710	3110	947	7084	3247	
93	275	1331	320	—	—	852	0,0243

B. Einfluss der Einwirkung von technischem Sauerstoff (96,2% O + 3,8% N) auf die Lebensdauer von angetrockneten Staphylokokken.

Staphylokokkengranate VIa.

(Staphylokokken aus Harn gezüchtet.)

Temperatur, bei der der technische Sauerstoff zur Einwirkung gelangte: +18,2°.

Einwirkungszeit in Stunden	Zahl der keimfähig gebliebenen Bakterien a) auf den einzelnen Platten 1. Platte	2. Platte	3. Platte	4. Platte	5. Platte	b) Mittelzahl	Desinfektionskonstante 60 K
38	1145	126	214	218	70		
93	36	9	89	6	11		
	6. Platte	7. Platte	8. Platte	9. Platte	10. Platte		bezogen auf 352 als Anfangszahl
38	201	588	646	103	212	352	
93	—	1	0	—	—	19	0,0530

Tabelle 6. (Versuchsreihe 30; vom 2. bis 11. Juni 1909.)
Einfluss der Einwirkung von Luft auf die Lebensdauer von angetrockneten Staphylokokken.
Staphylokokkengranate VIII.
(Staphylokokken aus einem Furunkel gezüchtet [verschieden von XII]).[1]) Temperatur, bei der die Luft zur Einwirkung gelangte: +37,4°.

Einwirkungszeit der Luft in Stunden	Zahl der keimfähig gebliebenen Bakterien a) auf den einzelnen Platten 1. Platte	2. Platte	3. Platte	4. Platte	5. Platte	6. Platte	b) Mittelzahl	Desinfektionskonstante 60 K
								bezogen auf 5827 als Anfangszahl
13,0	4435	5875	3686	6105	6336	8524	5827	
46,5	4544	2406	3968	3648	1830	3059	3243	0,0175
60,5	5100	1200	684	2220	3027	2905	2523	0,0176
71,0	1824	2297	2854	1310	1734	3993	2335	0,0157
88,0	2220	844	812	441	742	1158	1036	0,0230
109,0	1164	1734	1670	780	—	—	1337	0,0153
133,5	1395	1446	1034	857	1126	1932	1298	0,0124
158,0	1004	1561	864	972	1203	940	1091	0,0115
206,0	748	473	390	441	441	441	489	0,0128

Mittelwert von 60 K = 0,0157. [1]) Vergl. die Tabellen 10 bis 15.

Tabelle 7. (Versuchsreihe 30; vom 2. bis 11. Juni 1909.)
Einfluss der Einwirkung von technischem Sauerstoff (96,2% O + 3,8% N) auf die Lebensdauer von angetrockneten Staphylokokken.
Staphylokokkengranate VIII.
(Staphylokokken aus einem Furunkel gezüchtet [verschieden von XII]). Temperatur, bei der der technische Sauerstoff zur Einwirkung gelangte: +37,4°.

Einwirkungszeit d. Sauerstoffs in Stunden	Zahl der keimfähig gebliebenen Bakterien a) auf den einzelnen Platten 1. Platte	2. Platte	3. Platte	4. Platte	5. Platte	6. Platte	b) Mittelzahl	Desinfektionskonstante 60 k
								bezogen auf 9148 als Anfangszahl
13,0	5011	8294	10483	11347	8294	11462	9148	
22,5	5932	11232	5876	11808	4665	3974	7248	0,0244
36,5	2188	5760	4953	2720	7776	7891	5215	0,0249
46,5	4729	2374	3008	2361	3942	1875	3048	0,0327
60,5	928	4320	4608	3904	3334	1305	3067	0,0232
71,0	1638	3046	1113	2483	2022	2259	2094	0,0254
88,0	672	998	428	646	896	499	690	0,0344
109,0	787	614	1030	646	428	800	718	0,0264
133,5	1248	558	389	844	371	188	600	0,0225
158,0	228	275	625	588	156	303	362	0,0222
206,0	271	44	223	243	188	210	197	0,0198

Mittelwert von 60 K = 0,0256. (Vergl. Tab 10 bis 15)

Tabelle 8. (Versuchsreihe 30; vom 2. Juni bis 6. Juli 1909.)

Einfluss der Einwirkung von Luft auf die Lebensdauer von angetrockneten Staphylokokken.

Staphylokokkengranate VIII.

(Staphylokokken aus einem Furunkel gezüchtet [verschieden von XII]).

Temperatur, bei der die Luft zur Einwirkung gelangte: +18,0°.

Einwirkungszeit der Luft in Stunden	Zahl der keimfähig gebliebenen Bakterien							Desinfektionskonstante 60 K
	a) auf den einzelnen Platten						b)	
	1. Platte	2. Platte	3. Platte	4. Platte	5. Platte	6. Platte	Mittelzahl	
								bezogen auf 4117 als Anfangszahl
71,0	3699	3590	5209	2732	3763	5708	4117	
158,0	3955	3027	2496	4332	2144	3392	3224	0,0028
206,0	4121	6009	2105	2803	2038	3840	3486	0,0012
303,0	3500	1657	1932	1292	1984	3219	2264	0,0026
359,0	934	3603	2246	4710	4793	1891	3028	0,0011
549,5	1984	1644	1574	2880	3097	1331	2085	0,0014
813,5	1478	3046	1612	3040	857	838	1812	0,0011

Mittelwert von 60 K = 0,0017.

Tabelle 9. (Versuchsreihe 30; vom 2. Juni bis 6. Juli 1909.)

Einfluss der Einwirkung von technischem Sauerstoff (96,2% O + 3,8% N) auf die Lebensdauer von angetrockneten Staphylokokken.

Staphylokokkengranate VIII.

(Staphylokokken aus einem Furunkel gezüchtet [verschieden von XII]).

Temperatur, bei der der technische Sauerstoff zur Einwirkung gelangte: +18,0°.

Einwirkungszeit d. Sauerstoffs in Stunden	Zahl der keimfähig gebliebenen Bakterien							Desinfektionskonstante 60 K
	a) auf den einzelnen Platten						b)	
	1. Platte	2. Platte	3. Platte	4. Platte	5. Platte	6. Platte	Mittelzahl	
								bezogen auf 10690 als Anfangszahl
71,0	10713	11750	9964	8179	12844	—	10690	
158,0	7603	11059	3650	2700	9331	6912	6876	0,0051
206,0	10163	3865	4108	7347	6572	4288	6057	0,0042
303,0	4128	2937	1824	3712	3065	4972	3440	0,0049
359,0	5376	3603	4979	6291	4153	3462	4644	0,0013
549,5	4492	2131	3481	1600	—	—	2926	0,0027
813,5	1228	1196	2617	1555	2688	4608	2315	0,0021

Mittelwert von 60 K = 0,0034.

Tabelle 10. (Versuchsreihe 42; vom 24. Nov. bis 1. Dez. 1909.)
Einfluss der Einwirkung von Luft auf die Lebensdauer von angetrockneten Staphylokokken.
Staphylokokkengranate XII.
(Staphylokokken aus einem Furunkel gezüchtet [verschieden von VIII]).
Temperatur, bei der die Luft zur Einwirkung gelangte: +37,4°.

Einwirkungszeit der Luft in Stunden	Zahl der keimfähig gebliebenen Bakterien a) auf den einzelnen Platten 1. Platte	2. Platte	3. Platte	4. Platte	5. Platte	6. Platte	b) Mittelzahl	Desinfektionskonstante 60 K
								bezogen auf 6295 als Anfangszahl
6,25	4716	5977	6444	6310	8352	5971	6295	
23,25	3558	3846	4614	4537	3641	2828	3837	0,0291
30,25	3891	2892	2003	3411	3084	2624	2984	0,0311
55,25	3104	2368	2150	2297	—	—	2480	0,0190
94,00	276	212	402	710	398	—	400	0,0313
119,00	672	108	446	627	736	—	518	0,0221
149,75	402	465	540	678	197	408	448	0,0184
174,00	352	211	793	297	272	—	385	0,0335

Mittelwert von 60 K = 0,0264.

Tabelle 11.
(Versuchsreihe 42; vom 24. bis 30. November 1909.)
Einfluss der Einwirkung von technischem Sauerstoff auf die Lebensdauer von angetrockneten Staphylokokken.
Staphylokokkengranate XII.
(Staphylokokken aus einem Furunkel gezüchtet [verschieden von VIII]).
Temperatur, bei der der technische Sauerstoff zur Einwirkung gelangte: +37,4°.

Einwirkungszeit d. Sauerstoffs in Stunden	Zahl der keimfähig gebliebenen Bakterien a) auf den einzelnen Platten 1. Platte	2. Platte	3. Platte	4. Platte	5. Platte	6. Platte	b) Mittelzahl	Desinfektionskonstante 60 K
								bezogen auf 5834 als Anfangszahl
6,25	5760	7481	2739	6291	6899	—	5834	
23,25	1619	1753	1574	1792	1664	—	1680	0,0732
30,25	640	1932	1440	—	—	—	1337	0,0613
44,75	1331	985	896	435	940	—	917	0,0480
55,25	704	614	659	889	819	582	711	0,0429
69,75	697	505	441	460	678	480	544	0,0373
77,75	121	325	346	282	—	—	269	0,0429
94,00	287	280	268	241	373	289	290	0,0342
119,00	24	194	128	135	169	154	134	0,0334
149,75	89	116	99	240	151	57	125	0,0267

Mittelwert von 60 K = 0,0444.

Tabelle 12.

(Versuchsreihe 42; vom 24. November bis 1. Dezember 1909.)

Einfluss der Einwirkung einer Mischung von Stickstoff und Sauerstoff (54,6% O, 45,4% N) auf die Lebensdauer von angetrockneten Staphylokokken.

Staphylokokkengranate XII.

(Staphylokokken aus einem Furunkel gezüchtet [verschieden von VIII]).

Temperatur, bei der das Sauerstoff-Stickstoff-Gemisch zur Einwirkung gelangte: +37,4°.

Einwirkungszeit der Mischung v. Stick- u. Sauerstoff in Stunden	Zahl der keimfähig gebliebenen Bakterien							Desinfektionskonstante 60 K
	a) auf den einzelnen Platten						b) Mittelzahl	
	1. Platte	2. Platte	3. Platte	4. Platte	5. Platte	6. Platte		
								bezogen auf 4485 als Anfangszahl
6,25	3865	5523	3161	4352	5593	4416	4485	
23,25	2035	1984	2476	2137	2374	—	2201	0,0419
30,25	1152	1606	1248	2348	896	—	1450	0,0471
44,75	838	1433	819	966	—	—	1014	0,0386
69,75	512	448	396	274	—	—	408	0,0377
77,75	168	378	215	212	216	216	234	0,0413
94,00	75	130	216	139	180	74	136	0,0398
119,00	266	219	152	188	55	297	196	0,0278
149,75	134	83	100	9	77	57	77	0,0283
174,00	24	11	71	4	36	35	30	0,0299

Mittelwert von 60 K = 0,0369.

Tabelle 13. (Versuchsreihe 44; vom 10. bis 20. Dezember 1909.)

Einfluss der Einwirkung von Luft auf die Lebensdauer von angetrockneten Staphylokokken.

Staphylokokkengranate XII.

(Staphylokokken aus einem Furunkel gezüchtet [verschieden von VIII]).

Temperatur, bei der die Luft zur Einwirkung gelangte: +24,9°.

Einwirkungszeit der Luft in Stunden	Zahl der keimfähig gebliebenen Bakterien							Desinfektionsgeschwindigkeitskonstante K
	a) auf den einzelnen Platten						b) Mittelzahl	
	1. Platte	2. Platte	3. Platte	4. Platte	5. Platte	6. Platte		
								bezogen auf 5567 als Anfangszahl
5,00	7507	6035	2368	6201	6969	4320	5567	
27,25	6105	4166	3699	3443	1868	4064	3891	0,0161
68,75	2937	2265	2906	2867	736	1395	2184	0,0146
93,25	761	876	2585	934	1273	1504	1322	0,0154
124,75	1644	1228	2016	2009	1568	2112	1763	0,0096
149,75	2067	2233	1644	2291	1497	3014	2124	0,0067
194,75	2528	2201	1286	1369	966	1312	1010	0,0065
244,75	473	1024	1043	1235	1484	2649	1318	0,0060

Mittelwert von 60 K = 0,0107.

Tabelle 14. (Versuchsreihe 44; vom 10. bis 20. Dezember 1909.)
Einfluss der Einwirkung von technischem Sauerstoff (96,2% O + 3,8% N) auf die Lebensdauer von angetrockneten Staphylokokken.
Staphylokokkengranate XII.
(Staphylokokken aus einem Furunkel gezüchtet [verschieden von VIII]).
Temperatur, bei der der technische Sauerstoff zur Einwirkung gelangte: +24,9°.

Einwirkungszeit d. Sauerstoffs in Stunden	Zahl der keimfähig gebliebenen Bakterien							Desinfektionskonstante 60 K
	a) auf den einzelnen Platten						b)	
	1. Platte	2. Platte	3. Platte	4. Platte	5. Platte	6. Platte	Mittelzahl	
								bezogen auf 5709 als Anfangszahl
5,00	5062	4915	5491	6131	8230	4422	5709	
27,25	2182	1619	2476	2675	2393	2368	2286	0,0412
68,75	1580	2259	1305	2432	1894	1504	1829	0,0178
93,25	608	492	844	505	697	524	612	0,0239
124,75	780	377	729	582	1017	672	693	0,0176
149,75	644	1048	1022	766	384	625	748	0,0140
194,75	684	627	435	428	716	249	523	0,0125
244,75	155	316	286	432	348	27	261	0,0129

Mittelwert von 60 K = 0,0200.

Tabelle 15. (Versuchsreihe 44; vom 10. bis 20. Dezember 1909.)
Einfluss der Einwirkung einer Mischung von Stickstoff und Sauerstoff (63,20% O, 36,80% N) auf die Lebensdauer von angetrockneten Staphylokokken.
Staphylokokkengranate XII.
(Staphylokokken aus einem Furunkel gezüchtet [verschieden von VIII]).
Temperatur, bei der das Sauerstoff-Stickstoff-Gemisch zur Einwirkung gelangte: +24,9°.

Einwirkungszeit der Mischung v. Stick- u. Sauerstoff in Stunden	Zahl der keimfähig gebliebenen Bakterien							Desinfektionskonstante 60 K
	a) auf den einzelnen Platten						b)	
	1. Platte	2. Platte	3. Platte	4. Platte	5. Platte	6. Platte	Mittelzahl	
								bezogen auf 5524 als Anfangszahl
5,00	5248	4012	4256	5798	6553	7276	5524	
27,25	3110	4454	4499	—	3475	3500	3808	0,0167
68,75	1568	940	1644	1440	1587	1171	1392	0,0200
93,25	1158	1030	915	1356	441	825	954	0,0188
124,75	748	1273	825	1382	697	1312	1040	0,0139
149,75	1024	601	1203	748	122	582	713	0,0141
194,75	95	358	1030	640	352	992	578	0,0119
244,75	499	422	390	409	691	806	536	0,0097

Mittelwert von 60 K = 0,0152.

Tabelle 16.

Zusammenstellung der Versuchsergebnisse der Tabellen 5—15.

Tabelle	Granate	Einwirkungs-Temperatur	Gas	Mittelwert der Konstanten
5	VIa	+18,2°	Luft	0,0243
5	VIa	+18,2°	techn.Sauerstoff	0,0530
6	VIII	+37,4°	Luft	0,0157
7	VIII	+37,4°	techn Sauerstoff	0,0256
8	VIII	+18,0°	Luft	0,0017
9	VIII	+18,0°	techn.Sauerstoff	0,0034
10	XII	+37,4°	Luft	0,0264
11	XII	+37,4°	techn.Sauerstoff	0,0444
12	XII	+37,4°	45,4% Stickstoff+ 54.6% Sauerstoff	0,0369
13	XII	+24,9°	Luft	0,0107
14	XII	+24,9°	techn.Sauerstoff	0,0200
15	XII	+24,9°	36,8% Stickstoff+ 63,2% Sauerstoff	0,0152

Versuchsergebnisse.

In der letzten Vertikalreihe der Tabellen 5 bis 15, deren Anordnung durch die Ueberschriften ohne weiteres verständlich ist, sind unter der Bezeichnung „60 K" die Desinfektionsgeschwindigkeitskonstanten angeführt, die nach der oben ausführlich behandelten Gleichung

$$K = \frac{1}{t} \cdot 2{,}303 \log \frac{N}{N-n}$$

berechnet worden sind.

In dieser Gleichung bedeutet N die zu Beginn der Reaktion vorhandene Bakterienzahl und n die Zahl der nach t Zeiteinheiten abgestorbenen Bakterien, so dass N—n die Zahl der nach t Zeiteinheiten noch lebenden Bakterien darstellt. Da die Abtötung in Anwesenheit gasförmiger Stoffe relativ langsam verläuft, wurde eine Stunde als Zeiteinheit benutzt. Um aber einen direkten Vergleich mit den Desinfektionsgeschwindigkeiten in flüssigen Lösungen, bei denen in der Regel eine Minut als Zeiteinheit gewählt wird, zu ermöglichen, wurden die berechneten Konstanten als 60 K bezeichnet. Ferner sei bemerkt, dass die Konstanten für Staphylokokken, die von verschiedenen Stämmen herrühren, sehr verschieden sein können. So ist z. B. für die Granate VIa die Konstante bei Behandlung der Granaten mit Luft von +18° zu 0,0243 (Tabelle 5) ermittelt worden, während sie bei der Granate VIII nur einen Wert von 0,0017 (Tabelle 8) erreicht. Die Herkunft der zur Herstellung der Granaten VIa und VIII benutzten Staphylokokken ist aus den Versuchstabellen ersichtlich.

Einfluss der Sauerstoffkonzentration auf die Desinfektionskonstante.

Dieser Tatsache musste auch Rechnung getragen werden, als es sich um die Feststellung des Einflusses der Sauerstoffkonzentration auf die Geschwindigkeit des Absterbens der Staphylokokken handelte. Es dürfen nur solche Versuchsergebnisse verglichen werden, zu denen Granaten benutzt wurden, die gemeinschaftlich hergestellt waren. In den Tabellen 17 bis 21 sind die Konstanten zusammengestellt, die unter Innehaltung dieser Bedingung und bei gleichen Einwirkungszeiten und gleichen Temperaturen, aber bei Anwendung verschiedener Gasgemische erhalten wurden.

In der Vertikalreihe 4 der Tabellen 17 bis 19 sind die Produkte aus den Konstanten, die für die Luft erhalten wurden, mit dem Verhältnis der Sauerstoffkonzentration im technischen Sauerstoff und in der Luft $\frac{96{,}2}{20{,}8}$ sowie in der Vertikalreihe 5 die Produkte aus den Konstanten für Luft

Tabelle 17.

Einfluss der Konzentration des Sauerstoffs auf die Desinfektionskonstante.

(Versuchstabelle Nr. 5.)

Granate VIa.

Temperatur, bei der die Gase zur Einwirkung gelangten: +18,2°.

Zeit der Einwirkg. des Gasgemisches in Stunden	K_1 für Luft	K_2 für techn. Sauerstoff (96,2% O + 3,8% N)	$K_1 \frac{96,2}{20,8}$	$K_1 \sqrt{\frac{96,2}{20,8}}$	$\frac{K_2}{K_1 \sqrt{\frac{96,2}{20,8}}}$
1	2	3	4	5	6
93,0	0,024	0,053	0,111	0,052	1,02

Tabelle 18.

Einfluss der Konzentration des Sauerstoffs auf die Desinfektionskonstante.

(Versuchstabellen Nr. 6 und 7.)

Granate VIII.

Temperatur, bei der die Gase zur Einwirkung gelangten: +37,4°.

Zeit der Einwirkg des Gasgemisches in Stunden	K_1 für Luft	K_2 für techn. Sauerstoff (96,2% O + 3,8% N)	$K_1 \frac{96,2}{20,8}$	$K_1 \sqrt{\frac{96,2}{20,8}}$	$\frac{K_2}{K_1 \sqrt{\frac{96,2}{20,8}}}$
1	2	3	4	5	6
46,5	0,018	0,033	0,083	0,039	0,85
60,5	0,018	0,023	0,083	0,039	0,59
71,0	0,016	0,025	0,074	0,034	0,74
88,0	0,023	0,034	0,106	0,050	0,68
109,0	0,015	0,026	0,069	0,032	0,81
133,5	0,012	0,023	0,056	0,026	0,88
158,0	0,012	0,022	0,056	0,026	0,85
206,0	0,013	0,020	0,060	0,028	0,71

Mittelwert 0,76

Tabelle 19.

Einfluss der Konzentration des Sauerstoffs auf die Desinfektionskonstante.

(Versuchstabellen Nr. 8 und 9.)

Granate VIII.

Temperatur, bei der die Gase zur Einwirkung gelangten: +18,0°.

Zeit der Einwirkg des Gasgemisches in Stunden	K_1 für Luft	K_2 für techn. Sauerstoff (96,2% O + 3,8% N)	$K_1 \frac{96,2}{20,8}$	$K_1 \sqrt{\frac{96,2}{20,8}}$	$\frac{K_2}{K_1 \sqrt{\frac{96,2}{20,8}}}$
1	2	3	4	5	6
158,0	0,0028	0,0051	0,0130	0,0060	0,85
206,0	0,0012	0,0042	0,0056	0,0026	1,62
303,0	0,0026	0,0049	0,0120	0,0056	0,88
359,0	0,0011	0,0013	0,0051	0,0024	0,54
549,0	0,0014	0,0027	0,0065	0,0030	0,90
813,5	0,0011	0,0021	0,0051	0,0024	0,88
					Mittelwert: 0,95

(Tabellen 20 und 21 folgen auf den nächsten Seiten.)

und den Quadratwurzeln aus diesem Sauerstoffkonzentrationsverhältnis $\sqrt{\frac{96,2}{20,8}}$ aufgeführt. In der Vertikalreihe 6 befinden sich die Quotienten aus den Konstanten für technischen Sauerstoff und den letztgenannten Produkten $\frac{K_2}{K_1 \sqrt{\frac{96,2}{20,8}}}$ In den Tabellen 20 und 21 finden sich auch noch die entsprechenden Werte für die Sauerstoff-Stickstoffmischungen 54,6% O + 45,4% N und 63,2% O + 36,8% N. Betrachtet man die Tabellen 17 bis 19, so ergibt sich, dass, abgesehen von einzelnen Ausnahmen, nicht die Werte der Vertikalreihe 4 mit den beobachteten Konstanten des technischen Sauerstoffs (Vertikalreihe 3) übereinstimmen, sondern die Werte der Vertikalreihe 5. Diese Uebereinstimmung und die durch die unvermeidlichen Versuchsfehler bedingten Abweichungen werden am besten aus den Vertikalreihen 6 ersichtlich, die die Quotienten dieser Grössen enthalten. Aehnlich liegen die Verhältnisse bei den Zahlen der Tabellen 20 und 21, die die Ergebnisse der

Tabelle 20.

Einfluss der Konzentration des Sauerstoffs auf die Desinfektionskonstante.

(Versuchstabellen Nr. 10, 11 und 12.) Granate XII.

Temperatur, bei der die Gase zur Einwirkung gelangten: +37,4°.

Zeit der Einwirkung des Gasgemisches in Stunden	K_1 für Luft	K_2 für Sauerstoff-Stickstoff-Gemisch 54,6% O 45,4% N	K_3 für technischen Sauerstoff 96,2% O 3,8% N	$K_1 \frac{54,6}{20,8}$	$K_1 \frac{96,2}{20,8}$	$K_1 \sqrt{\frac{54,6}{20,8}}$	$K_1 \sqrt{\frac{96,2}{20,8}}$	$\frac{K_2}{K_1 \sqrt{\frac{54,6}{20,8}}}$	$\frac{K_3}{K_1 \sqrt{\frac{96,2}{20,8}}}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
23,25	0,029	0,042	0,073	0,076	0,134	0,047	0,062	0,89	1,18
30,25	0,031	0,047	0,061	0,081	0,143	0,060	0,067	0,94	0.91
55,25	0,019	—	0,043	—	0,088	—	0,041	—	1,05
94 00	0,031	0,040	0,034	0,081	0,143	0,050	0,067	0,80	0,51
119,00	0,022	0,028	0,033	0,058	0,102	0,036	0,047	0,78	0,70
149,75	0,018	0,028	0.027	0,047	0,083	0,029	0,039	0,97	0,69
174,00	0,034	0,030	—	0,089	—	0,055	—	0,54	—
							Mittelwert:	0,82	0,84

Tabelle 21.

Einfluss der Konzentration des Sauerstoffs auf die Desinfektionskonstante.

(Versuchstabellen Nr. 13, 14 und 15.) Granate XII.

Temperatur, bei der die Gase zur Einwirkung gelangten: +24,9°.

Zeit der Einwirkung des Gasgemisches in Stunden	K_1 für Luft	K_2 für Sauerstoff-Stickstoff-Gemisch 63,2% O 36,8% N	K_3 für technischen Sauerstoff 96,2% O 3,8% N	$K_1 \frac{63,2}{20,8}$	$K_1 \frac{96,2}{20,8}$	$K_1 \sqrt{\frac{63,2}{20,8}}$	$K_1 \sqrt{\frac{96,2}{20,8}}$	$\frac{K_2}{K_1 \sqrt{\frac{63,2}{20,8}}}$	$\frac{K_3}{K_1 \sqrt{\frac{96,2}{20,8}}}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
27,25	0,016	0,017	0,041	0,049	0,074	0,028	0,034	0,61	1,21
68,75	0,015	0,020	0,018	0,046	0,069	0,026	0,032	0,77	0,56
93,25	0.015	0,019	0,024	0,046	0,069	0,026	0,032	0,73	0,75
124,75	0,0096	0,014	0,017	0,029	0,044	0,017	0,021	0,82	0 81
149,75	0,0067	0,014	0,014	0,020	0,031	0,012	0,014	1,67	1'00
194,75	0,0065	0,012	0,013	0,020	0,030	0,011	0,014	1,09	0'93
244,75	0,0060	0,0097	0,013	0,018	0,028	0,010	0 013	0,97	1·00
							Mittelwert:	0,95	0,89

Versuche mit 3 Gasgemischen enthalten. Auch hier fallen die Werte der Vertikalreihen 3 und 4 mit denjenigen der Reihen 7 und 8 annähernd zusammen, und die Werte der Vertikalreihen 9 und 10 liegen in der Nähe von 1. Demnach verhalten sich die Desinfektionskonstanten von Sauerstoff-Stickstoffgemischen wie die Quadratwurzeln aus den Sauerstoffkonzentrationen.

Der Zusammenhang zwischen der Desinfektionsgeschwindingkeitskonstante K_C bei der Sauerstoffkonzentration C und K_1 bei der Sauerstoffkonzentration 1 kann durch folgende Gleichung zum Ausdruck gebracht werden:

$$K_C = K_1 C^{0,5}$$

Es folgt daraus, dass die an der Oberfläche der Bakterien wirksame Sauerstoffkonzentration nicht der Sauerstoffkonzentration des benutzten Gasgemisches gleich, sondern proportional der Quadratwurzel der lezteren ist. Ueber den absoluten Wert der wirksamen Konzentrationen des Sauerstoffs kann man von diesen Versuchen keinen Aufschluss erwarten, sondern man erfährt nur, in welchem Verhältnis sie bei Anwendung verschiedener Gasgemische stehen.

Diese Abhängigkeit der Desinfektionskonstante von der Sauerstoffkonzentration weist darauf hin, dass neben der Reaktion zwischen den Bakterien und dem Sauerstoff ein zweiter getrennt verlaufender physikalisch-chemischer Vorgang von der eigentlichen Desinfektionswirkung des Sauerstoffs unabhängig sich abspielt. Indessen ist dieser Vorgang für die Geschwindigkeit der Abtötung der Bakterien ohne Einfluss, da er im Vergleich zur Geschwindigkeit der Reaktion zwischen Bakteriensubstanz und Sauerstoff eine sehr grosse Geschwindigkeit besitzt. Für die Natur dieses Vorganges kommen zwei Möglichkeiten in Betracht. Erstens könnte es sich dabei um einen Oxydationsvorgang handeln, bei dem ein Gleichgewicht

$$O_2 \rightleftharpoons O$$

in Frage kommt. Zweitens lassen sich für die Erklärung dieses Vorganges auch die Adsorptionserscheinungen heranziehen.

Analogie zwischen der Abtötung der Bakterien durch Sauerstoff und der chemischen Oydationswirkung des gasförmigen Sauerstoffes.

Es soll zunächst der Fall näher erörtert werden, dass der atomistische Sauerstoff in Frage käme. Zu einem ähnlichen Resultate gelangte Thomas Ewan[16]) bei der Untersuchung der Oxydationsgeschwindigkeit von Phosphor, Schwefel und Aldehyd, wobei er feststellte, dass diese Geschwindigkeit innerhalb gewisser Druckgrenzen sehr nahe der Quadratwurzel der Sauerstoffkonzentration proportional ist. Diese Tatsache wurde als Wirkung von in Atome oder Jonen gespaltenen Sauerstoff aufgefasst und bildete die Grundlage der theoretischen Anschauungen von van't Hoff über die langsame Oxydation des Phosphors und die damit in Verbindung stehende Frage über die Aktivierung des Sauerstoffs. Van't Hoff nimmt an, dass die Spaltung der Sauerstoffmokeln in Atome oder Jonen nicht eine Folgeerscheinung der Oxydation ist, sondern dass in jedem gasförmigen Sauerstoff eine gewisse Anzahl von Sauerstoffatomen oder -Jonen vorhanden ist. Wenn nur diese Sauerstoffatome oder -Jonen für die Abtötung der Bakterien in Frage kommen, so ist auch nur ihre Konzentration für die Kinetik des Desinfektionsvorganges massgebend. Es handelt sich also um das Gleichgewicht

$$O_2 \rightleftharpoons {}_2O,$$

für das nach dem Massenwirkungsgesetz folgende Beziehung zwischen der Konzentration des Sauerstoffgases C_{O_2} und der Konzentration der Sauerstoffatome (Jonen C besteht: $C_O = K . \sqrt{C_{O_2}}$. Demnach werden sich die Oxydationsgeschwindigkeiten bei verschiedenen Sauerstoffkonzentrationen wie die Quadratwurzeln aus diesen Konzentrationen verhalten.

---

[16]) Th. Ewan, Ueber die Oxydationsgeschwindigkeit von Phosphor, Schwefel und Aldehyd. Zeitschr. f. physikal. Chem. 16, 315 (1895). Vergl. auch J. H. van't Hoff, Ueber die Menge und die Natur des sog. Ozons, das sich bei langsamer Oxydation des Phosphors bildet. Ebenda 16, 411 (1895).

Die Adsorption als kinetischer Faktor bei der Abtötung der Bakterien durch Sauerstoff.

Auch wurde versucht, die Versuchsresultate mit Hilfe von Adsorptionsgleichgewichten zu deuten. Formell ist man dazu wegen der beobachteten Abweichung vom Henryschen Gesetz berechtigt, wonach die Konzentration des absorbierten Gases seinem Partialdruck proportional ist. Diese Abweichung findet im allgemeinen bei allen Adsorptionsgleichgewichten statt, sowohl bei Gasen wie bei Flüssigkeiten. Im vorliegenden Falle muss man diese Möglichkeit des Auftretens von Adsorptionserscheinungen umsomehr in Betracht ziehen, als die Berührungsfläche zwischen den Bakterien und dem Gas eine Phasengrenze darstellt, an der die Oberflächenspannungskräfte zur Wirkung gelangen können.[17]) Unter dem Einfluss dieser Kräfte kann die Konzentration des Gases an der Grenzfläche eine andere sein als in der Umgebung. Für das Gleichgewicht zwischen einem einheitlichen Gas und einem festen adsorbierenden Stoff (Adsorbens) ist die Gleichung der sog. Adsorptionsisotherme gültig, die folgende Form hat:

$$C_1 = \alpha \, . \, C_2^{\frac{1}{n}}$$

In dieser Gleichung bedeutet C_1 eine der an der Oberflächeneinheit des festen Stoffes vorhandenen Gasmenge proportionale Grösse, C_2 die Konzentration des Gases in der Umgebung, a den Adsorptionskoeffizienten und $\frac{1}{n}$ den Adsorptionsexponenten.

Die in dieser Gleichung vorkommende Grösse α ist eine sowohl von der Natur des Gases, wie des festen Stoffes abhängige Konstante und wird in der Regel bei demselben festen Stoff umso grösser, je stärker das Gas kompressibel ist, oder, was auf dasselbe hinauskommt, je näher das Gas

---

[17]) Die Heranziehung der Adsorption zur Erklärung der Oxydationsversuche mit Phosphor von Th. Ewan ist nicht statthaft, weil die Abhängigkeit der Reaktionsgeschwindigkeit von der Verdampfungsgeschwindigkeit des Phosphors nachgewiesen wurde. Die Reaktion spielt sich demnach wahrscheinlich zwischen Phosphordampf und Sauerstoff ab.

an seiner Verflüssigungsgrenze liegt. Der Adsorptionsexponent $\frac{1}{n}$ ist dagegen eine Grösse, die für den Prozess der Adsorption spezifisch ist. Er ist von der Natur des Adsorbens und des adsorbierten Gases in weiten Grenzen unabhängig und besitzt für viele Gase einen Wert von etwa 0,5, wobei aber auch Werte von 0,2 bis 1 vorkommen.

Es kann sich deshalb an der Oberfläche der Bakterien ein Gasgemisch ausbilden, in dem sich Sauerstoff und Stickstoff in einem anderen Verhältnis befinden wie in der umgebenden Gasatmosphäre.

Nimmt man an, dass sich der Adsorptionskoeffizient des Sauerstoffs α mit der prozentischen Zusammensetzung des Gasgemisches nur wenig ändert und als konstant angesehen werden kann, so ergibt sich, dass sich die aus drei Gasgemischen, in denen der Sauerstoffgehalt im Verhältnis von $p : q : r$ steht, adsorbierten Sauerstoffmengen wie

$$\sqrt[n]{p} : \sqrt[n]{q} : \sqrt[n]{r}$$

verhalten werden . Berücksichtigen wir ferner, dass die adsorbierten Sauerstoffmengen allein die Abtötung der Bakterien verursachen, und dass die Geschwindigkeit der Abtötung der adsorbierten Sauerstoffmenge proportional ist, so ergibt sich für das Verhältnis der Desinfektionskonstanten

$$K_1 : K_2 : K_3$$

folgender Ausdruck:

$$K_1 : K_2 : K_3 = \sqrt[n]{p} : \sqrt[n]{q} : \sqrt[n]{r}$$

Mit anderen Worten, es werden diese Konstanten im Verhältnis der n-ten Wurzel aus den Sauerstoffkonzentrationen der Stickstoff-Sauerstoff--Gemische stehen. Leider ist der Adsorptionsexponent für den Sauerstoff bis jetzt nicht mit genügender Sicherheit ermittelt worden, so dass es nicht möglich ist, die Verhältnisse der Mengen des auf der Bakterienoberfläche adsorbierten

Sauerstoffs zu berechnn. Für den Fall, das jener Adsorptionsexponent

$$\frac{1}{n} = \frac{1}{2}$$

ist, würden die Desinfektionsgeschwindigkeitskonstanten im Verhältnis der Quadratwurzeln aus den Sauerstoffkonzentrationen stehen.

Einfluss der Temperatur.

Um eine Beziehung zwischen der Temperatur und der Desinfektionsgeschwindigkeitskonstante zu erhalten, wurden diese Versuche (vgl. die Tabellen 5 bis 15) auch bei verschiedenen Temperaturen, aber unter sonst gleich bleibenden Bedingungen ausgeführt. Die Ergbnisse der Versuche sind in Tabelle 22 übersichtlich zusammengestellt.

Tabelle 22.

Einfluss der Temperatur auf die Desinfektionskonstante.

Granate	Gasgemisch	Versuchstemperatur in Grad	Desinfektionskonstante 60 K
1	2	3	4
VIII	Luft	+18,0	0,0017
VIII	Luft	+37,4	0,0157
VIII	techn. Sauerstoff	+18,0	0,0034
VIII	techn. Sauerstoff	+37,4	0,0256
XII	Luft	+24,9	0,0107
XII	Luft	+37,4	0,0264
XII	techn. Sauerstoff	+24,9	0,0200
XII	techn. Sauerstoff	+37,4	0,0444

Das Ansteigen der Desinfektionsgeschwindigkeit für ein Temperamenturintervall von 10° lässt sich in folgender

Weise berechnen: Betrachtet man eine Reihe von Desinfektionsgeschwindigkeitskonstanten

$$K_{0^\circ}\ K_{10^\circ}\ K_{20^\circ}\ K_{30^\circ} \text{ usw.},$$

die den Temperaturen

$$0^\circ + 10^\circ + 20^\circ + 30^\circ \text{ usw.}$$

entsprechen, und bezeichnet man den Koeffizienten für 10° mit b, so ergeben sich folgende Beziehungen:

$$K_{10^\circ} = K_{0^\circ} \cdot b.$$

$$K_{20^\circ} = K_{10^\circ} \cdot b = K_{0^\circ} \cdot b^2.$$

$$K_{30^\circ} = K_{20^\circ} \cdot b = K_{0^\circ} \cdot b^3.$$

Allgemein gelten dann für je 2 Konstanten, die sich auf die Temperaturen t_1 und t_2 beziehen, folgende Gleichungen:

$$K_{t_1} = K_0 \cdot b^{\frac{t_1}{10}}$$

$$K_{t_2} = K_0 \cdot b^{\frac{t_2}{10}} \text{ oder}$$

$$\frac{K_{t_2}}{K_{t_1}} = b^{\frac{t_2 - t_1}{10}}$$

$$\log K_{t_2} - \log K_{t_1} = \frac{t_2 - t_1}{10} \cdot \log b :$$

18*)

$$\log b = 10 \cdot \frac{\log K_{t_2} - \log K_{t_1}}{t_2 - t_1}$$

Die so erhaltenen Werte finden sich in Tabelle 23.

[18]) Vergl. van't Hoff, Vorlesungen über theoretische und physikalische Chemie, Braunschweig (1898) I, 224.

Tabelle 23.

Temperaturkoeffizient der Desinfektionsgeschwindigkeit für 10°.

Granate	Gasgemisch	Zur Berechnung benutztes Temperatur-Intervall	Zunahme der Desinfektions-Geschwindigkeit für 10°
1	2	3	4
VIII	Luft	37,4°—18,0°	3,16
VIII	techn. Sauerstoff	37,4°—18,0°	2,83
XII	Luft	37,4°—24,9°	2,04
XII	techn. Sauerstoff	37,4°—24,9°	1,90

Bei der Betrachtung der Zahlen der letzten Reihe dieser Tabelle ergibt sich, dass die Zunahme der Desinfektionsgeschwindigkeit für 10° bei dem höheren Temperaturintervall 37,4° bis 24,9° kleiner ist als bei den niederen 37,4° bis 18,0°. Ausserdem scheint diese Zunahme beim Sauerstoff geringer zu sein als bei der Luft. Während für Luft die mit Hilfe der bei 24,9° und 37,4° ermittelten Desinfektionskonstanten berechnete Zunahme der letzteren für 10° sich zu 2,04 ergibt, erreicht sie beim Sauerstoff nur den Wert von 1,90. Aehnlich liegen die Verhältnisse bei der Granate VIII für die Temperaturen 18° und 37,4°. Hier steht der Wert 3,16 demjenigen von 2,83 gegenüber.

Im allgemeinen kommen die durch die Temperaturerhöhung verursachten Beschleunigungen des Desinfektionsvorganges den mittleren Geschwindigkeitskoeffizienten chemischer und physiologisch-chemischer Reaktionen sehr nahe. Die meisten dieser Reaktionen zeigen beim Ansteigen der Temperatur um 10° eine Verdoppelung bis Verdreifachung der Geschwindigkeit. So erfährt die Menge der von den Pflanzen ausgeatmeten Kohlensäure, wie z. B. bei der Atmung von Weizen, Lupinen und Flieder, zwischen 0° und 25° eine Zunahme, die für 10° einer Geschwindigkeitszunahme um das 2½fache entspricht. Auch die von Th.

Madsen und Max Nyman[17]) sowie von H. Chick[18]) ermittelten Temperaturkoeffizienten bei der Desinfektion mit flüssigen Stoffen haben einen ähnlichen Wert. Schliesslich sei noch erwähnt, dass für die Geschwindigkeit der Entwicklung des See-Igel-Eies nach den Versuchen von Jacques Loeb der Temperaturkoeffizient zu 2,9 ermittelt worden ist, was auch mit dem von Peter aus Hertwigs Versuchen berechneten Temperaturkoeffizienten der Entwicklungsgeschwindigkeit des Froscheies in Uebereinstimmung steht.[19])

Unter der Voraussetzung, dass die Widerstandsfähigkeit der Bakterien in den untersuchten Temperaturgebieten konstant bleibt, ist die beobachtete Abnahme des Temperaturkoeffizienten mit steigender Temperatur nur auf die chemische Reaktion der Desinfektion zurückzuführen. Es ist zwar bekannt, dass bei der grossen Mehrzahl der bis jetzt beobachteten chemischen Reaktionen das Geschwindigkeitsverhältnis für 10° mit steigender Temperatur abnimmt. Diese Abnahme ist aber bei den hier in Betracht kommenden Temperaturunterschieden von höchstens 20° viel zu klein, als dass dadurch die beobachtete Abweichung von etwa 50% erklärt werden könnte.

Es ist nicht ausgeschlossen, dass für diese Abnahme die Adsorption, die auch eine Abweichung vom Henryschen Gesetz hervorruft, in Frage kommt. Oben wurde gezeigt, dass für diese Abweichung zwei Möglichkeiten in Betracht kommen; ein Dissoziationsgleichgewicht des Sauerstoffs oder ein Adsorptionsgleichgewicht. Für den Fall, dass das Dissoziationsgleichgewicht des Sauerstoffs bei seiner Einwirkung auf die Bakterien eine massgebende Rolle spielt, ist eine Verminderung des Temperaturkoeffizienten der Desinfektionswirkung zu erwarten, wenn mit steigender Temperatur das Gleichgewicht $_2O \rightleftharpoons O_2$ sich

[17]) Th. Madsen und Max Nyman, Zur Theorie der Desinfektion. I. Zeitschr. f. Hygiene u. Desinfektionskrankh. 57, 398 (1907).

[18]) Harriette Chick, An Investigation of the Laws of Disinfection. Journa. of Hygiene 8, 132 (1908).

[19]) Jacques Loeb. Ueber den Temperamenturkoeffizienten für die Lebensdauer kaltblütiger Tiere und über die Ursache des natürlichen Todes. Arch. f. d. ges. Physiol. 124, 411 (1908).

zu Gunsten des molekularen Sauerstoffs verschiebt. Dies wird eintreten, wenn die Dissoziationswärme positiv ist, d. h. wenn beim Zerfall der Sauerstoffmokeln in Atome Wärme frei wird. Da aber allgemein die Dissoziation der Gasmokeln endotherm ist, so können wir die beobachtete Abnahme des Temperaturkoeffizienten nicht in dieser Weise erklären.

Eine solche Erklärung ist aber möglich, wenn wir annehmen, dass die Adsorptionsvorgänge bei der Einwirkung des Sauerstoffs auf die Bakterien wesentlich in Frage kommen. Wie aus den Versuchen von Travers [20]) über die Adsorption der Kohlensäure durch Kohle bei verschiedenen Temperaturen hervorgeht, sinkt der Adsorptionskoffizient mit steigender Temperatur, während der Adsorptionsexponent $\frac{1}{n}$ zunimmt. Da aber die Abnahme sich stärker geltend macht als die Zunahme, so wird die von der Gewichtseinheit des Adsorbens bei gleichem Druck aufgenommene Gasmenge bei niederer Temperatur grösser sein als bei höherer. So wurden z. B. bei einem Druck von 10 cm Quecksilber von der Gewichtseinheit der Kohle bei 0° 9,43 ccm Kohlensäure aufgenommen, während die Aufnahme bei 35° nur 5,33 ccm betrug. In vorliegendem Falle wird dieser Temperatureinfluss auf die Adsorption insofern zum Ausdruck kommen, als bei den höheren Temperaturen die an der Oberfläche resultierende Konzentration des Sauerstoffes kleiner sein wird als beim selben Gasgemische bei niederer Temperatur.

[20]) Vergl. Herbert Freundlich, Kapillarchemie. Leipzig (1909), S. 101 ff.

Versuche mit flüssigen Desinfektions-Mitteln.

Einfluss der Konzentration.

Es sind zurzeit nur wenige Versuche bekannt, welche quantitativ den Zusammenhang zwischen der Desinfektionswirkung eines Stoffes und seiner Konzentration exakt erkennen lassen. Hauptsächlich kommen dabei in Betracht die Versuche von B. Krönig und Th. Paul über die Abtötung der Milzbrandsporen durch Quecksilberchloridlösung in verschiedener Konzentration und diejenigen von Ch. Chick, welche die Untersuchung der Einwirkung von Phenol, Quecksilberchlorid und Silbernitrat bei verschiedener Konzentration auf verschiedene Bakterien bezweckten. Die Versuche von B. Krönig und Th. Paul haben K. Ikeda Anlass zur Feststellung einer allgemeinen Beziehung zwischen Konzentration und Giftwirkung von Quecksilberchloridlösungen gegeben. Sowohl K. Ikeda [22]) als auch H. Chick [21]) haben zu ihren Berechnungen nicht die Desinfektionskonstante selber, sondern die Zeiten, welche zur Abtötung eines bekannten Bruchteiles der ursprünglichen Bakterienmenge nötig sind, herangezogen. Bei diesen Berechnungen hat sich herausgestellt, dass der Zusammenhang zwischen Konzentration und Desinfektionswirkung eines Stoffes sich kompliziert darstellt. Während z. B. K. Ikeda aus den Versuchen von B. Krönig und Th. Paul den Schluss gezogen hat, dass bei Quecksilberchlorid

[21]) H. Chick, An investigation of the laws of disinfection. The Journal of Hygiene, VIII. 1 (1908).

[22]) B. Krönig und Th. Paul, Die chem. Grundlagen der Lehre v. d. Giftwirkung und Desinfektion. Zeitschr. f. Hygiene und Infektionskrankheiten 25, 1 (1897).

die Desinfektion schwächer zunimmt, als die Konzentration sind von Ch. Chick Fälle beobachtet worden, wo das Entgegengesetzte stattfindet, so dass die Desinfektionswirkung bedeutend mehr zunimmt, als die Konzentration des Stoffes. Indessen scheint es, dass die Schwierigkeiten, welche sich der Feststellung eines allgemeinen Zusammenhanges zwischen Konzentration und Desinfektionswirkung entgegensetzen, hauptsächlich folgende zwei Ursachen haben. Einerseits, insbesondere bei den schwach dissoziierten Stoffen, ist man über die Wirkung der nicht dissoziierten Moleküle sehr wenig unterrichtet und man kann ebensowenig über die Wirkung der Anionen aussagen. Andererseits, wie die oben beschriebenen Versuche mit den Gasen gezeigt haben, können sich im Innern der Zelle Konzentrationen ausbilden, welche mit der äusseren Konzentration nicht identisch, sondern nur indirekt von ihnen abhängig sind. Diese zwei Umstände können sich von Fall zu Fall ändern und werden insbesondere Anlass zu Verschiedenheiten geben. Deshalb wurden bei diesen Versuchen die Konzentrationsverhältnisse der Lösungen solcher Stoffe zum Gegenstand der Untersuchung gemacht, die entweder sehr wenig undissoziierte Moleküle enthielten oder einen sehr grossen Ueberschuss der letzteren aufwiesen. In dieser Weise gelangten einerseits acht anorganische Säuren, andererseits drei organische, schwach dissoziierte Säuren zur Untersuchung.

Versuchsergebnisse.

a) Einwirkung von isohydrischen Lösungen anorganischer Säuren.

Bei diesen Untersuchungen über den Einfluss der Konzentration eines desinfiziernden Stoffes auf seine Desinfektionsfähigkeit hin wurden ausschliesslich Säuren, sowohl anorganische wie organische, als Desinfektionsmittel benutzt. Da sie alle eine desinfizierende Wirkung ausüben, so lag es nahe, diese Wirkung ihrem gemeinschaftlichen Bestandteile, d. h. dem Wasserstoffjon allein zuzuschreiben und seine Konzentration als kinetisch massgebenden Faktor anzusehen. Es wurden deshalb einerseits das Verhalten von isohydrischen Lösungen verschiedener Säuren, anderer-

seits von Lösungen einer und derselben Säure bei verschiedenen Konzentrationen untersucht. Die Versuchsergebnisse sind in den Tabellen 31, 32, 33, 34, 35 und 36 angeführt; ausserdem findet sich eine übersichtliche Zusammenstellung der Konstanten in Tabelle 24. Die Bedeutung der einzelnen Kolonnen dieser Tabellen ist ohne weiteres aus der Ueberschrift klar. Hier sei nun eine Zusammenstellung der Resultate gebracht:

Tabelle 24.

Die Desinfektionsgeschwindigkeitskonstanten von anorganischen Säuren in $^1/_{100}$ normaler wässeriger Lösung.

Zusammenstellung der Ergebnisse aus den Tabellen 31, 32, 33, 34, 35 und 36.

Nummer der Granate	Nummer der Versuchsreihe	Nummer der Tabelle	Mittelwerte der Desinfektionsgeschwindigkeitskonstanten							
			HCl	$HClO_3$	HF	HNO_3	H_2SO_4	HBr	$HClO_4$	HJ
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
8	31	6	0,028	—	—	0,056	—	—	—	—
8	32	7	—	—	—	0,068	—	0,068	0,123	—
8	33	8	0,036	—	—	0,073	—	0,064	0,122	—
8	34	9	0,021	0,024	—	0,057	0,068	—	0,120	—
8	35	10	0,020	—	—	—	—	—	—	—
8	37	12	0,018	0,021	0,032	—	0,045	—	—	0,156

Bei der Betrachtung der Zahlen dieser Tabelle ergibt sich, dass von den isohydrischen Lösungen der acht untersuchten Säuren einzelne Gruppen zu unterscheiden sind, welche sich verschieden verhalten. Während Salzsäure, Chlorsäure und Flussäure mit einem Mittelwert der Konstante von etwa 0,025 wirken, steigt dieser Wert bei Schwefelsäure, Bromwasserstoffsäure und Salpetersäure zu etwa 0,06, um bei Ueberchlorsäure und Jodwasserstoffsäure einen noch höheren Wert [23]) von etwa 0,12 und 0,15 zu erreichen. Es folgt also daraus, dass die Wasserstoffionen-

[23]) Diese Werte hängen ihrer absoluten Grösse nach auch von der Granate resp. dem Staphylokokkenstamm ab. Das Verhältnis zwischen ihnen aber ist bei allen untersuchten Granaten annähernd dasselbe und vom Staphylokokkenstamm unabhängig. Diese geht besonders aus den Versuchen 33, 37 und 46 hervor.

konzentration nicht allein die ausschlaggebende Rolle bei der Desinfektionswirkung der Säuren spielt und dass die Anionen der Säuren sich bei diesem Vorgange in erheblichem Masse beteiligen. Da aber die Anionen an und für sich, wie dies entsprechende Versuche mit deren Alkalisalzen gezeigt haben, keine tötende Wirkung auf die Bakterien ausüben, so ergibt sich die Vorstellung, dass sie, ohne Desinfizienzien zu sein, doch die Eigenschaft besitzen, die desinfizierende Wirkung des Wasserstoffions zu beschleunigen, mit anderen Worten, sie besitzen die Eigenschaften von Giftkatalysatoren. Um diese Ansicht zu prüfen, wurden eine Reihe von dahin gerichteten Versuchen angestellt, worüber im folgenden Abschnitt näheres mitgeteilt werden soll. Hier sei nur bemerkt, dass der niedrigste Wert von 0,02 mit dem die Desinfektionskonstante bei Salzsäure, Clorsäure und Flussäure vorkommt, als der ursprüngliche Wert der desinfizierenden Eigenschaften des Wasserstoffions allein mit Wahrscheinlichkeit anzusehen ist. Die höheren Werte, welche bei den übrigen Säuren gefunden wurden, entstehen wahrscheinlich unter Mitwirkung der katalytischen Eigenschaften der Anionen.

b) Einwirkung der Salzsäure bei verschiedener Konzentration.

Die Versuche mit den isohydrischen Lösungen haben gezeigt, dass bei den Säuren der letzten zwei Gruppen sowohl das Anion wie das Kation einen Einfluss auf die Desinfektionskonstante ausüben. Dadurch wird bei ihnen auch der Einfluss der Konzentration sich wahrscheinlich kompliziert gestalten, da die Konzentration beider Jonen massgebend sein wird. Es ist in diesem Falle ähnliches zu erwarten, wie das, was seinerzeit von W. Ostwald bei der Zuckerinversion durch Säuren beobachtet wurde, wobei die Geschwindigkeit schneller als der Wasserstoffinonenmenge proportional zunimmt. So verhalten sich z. B. die Reaktionsgeschwindigkeiten der Zuckerinversionen von 0,5 und 0,1 normaler Salpetersäure, wie 6,07 : 1, während die Wasserstoffionenkonzentrationen sich wie 4,64 : 1 ver-

halten.[24]) Dagegen eignen sich die Säuren der ersten Gruppe infolge ihrer sich neutral verhaltenden Anionen besonders zu Untersuchungen des Konzentrationseinflusses. Es wurde deshalb zu diesem Zwecke die Salzsäure als Desinfektionsmittel gewählt. Die Versuchergebnisse findet man eingehend in Tabellen 25 und 26.

Tabelle 25. (Versuchsreihe 22; am 23. März 1909.)

Einwirkung von wässeriger Salzsäure verschiedener Konzentration auf angetrocknete Staphylokokken.

Einwirkungstemperatur +18°. Staphylokokkengranate V B.

Konzentration der Salzsäure	Einwirkungszeit in Minuten	Zahl der keimfähig gebliebenen Bakterien a) auf den einzelnen Platten 1. Platte	2. Platte	3. Platte	4. Platte	5. Platte	6. Platte	b) Mittelzahl	Desinfektionskonstante K
									bezogen auf 9446 als Anfangszahl
HCl 150 litrig ($^1/_{150}$-normal	21,0	--	4492	6969	8352	7430	9446	8078	—
	45,0	1939	2252	2585	2259	2105	2828	2328	0,047
	60,0	2131	992	870	1190	1990	1772	1491	0,041
	80,0	537	563	761	595	492	697	608	0,042
	110,0	371	383	—	480	684	659	515	0,030
									Mittel: 0,040
									bezogen auf 6806 als Anfangszahl
HCl 100 litrig ($^1/_{100}$-normal)	16,0	6796	5126	4953	7430	11289	5241	6806	—
	30,0	2572	5817	2630	2054	2752	2310	3022	0,058
	45,0	1017	1331	1158	1632	2099	1171	1401	0,055
	60,0	1222	697	896	537	1465	480	883	0,047
	75,0	486	281	390	409	556	524	441	0,046
									Mittel: 0,052
									bezogen auf 6144 als Anfangszahl
HCl 50 litrig ($^1/_{50}$-normal)	8,0	8294	3744	3225	4953	10828	5817	6144	—
	15,0	3168	2764	4896	2764	4780	5356	3955	0,063
	23,0	3628	—	1728	1971	1996	1996	2264	0,067
	30,0	1459	1420	966	2080	1523	492	1323	0,070
									Mittel: 0,067

[24]) W. Ostwald, Studien zur chem. Dynamik, IV. Abh.: Die Inversion d. Rohrzuckers II. Journ. f. prakt. Chemie. II. Folge 31, 307 (1885). Vergl. auch S. Arrhenius, Ueber die Reaktionsgeschwindigkeit bei der Inversion von Rohrzucker durch Säuren Zeitschr. f. physikal. Chemie 4, 226 (1889).

Tabelle 26. (Versuchsreihe 23; vom 27. März 1909.)

Einwirkung von wässeriger Salzsäure verschiedener Konzentration auf angetrocknete Staphylokokken.

Einwirkungstemperatur +18° Staphylokokkengranate V B.

Konzentration der Salzsäure	Einwirkungszeit in Minuten	Zahl der keimfähig gebliebenen Bakterien a) auf den einzelnen Platten 1. Platte	2. Platte	3. Platte	4. Platte	5. Platte	6. Platte	b) Mittelzahl	Desinfektionskonstante K
HCl 150 litrig ($^1/_{150}$-normal	21.0	4723	3398	3340	2995	5356	4435	4041	bezogen auf 4041 als Anfangszahl
	45,0	1900	1305	2086	1984	2060	1350	1781	0,034
	60,0	384	2188	377	569	563	889	828	0,041
	80,0	313	550	627	300	326	467	430	0,038
	110,0	545	492	377	486	390	371	443	0,025
								Mittel:	0,035
HCl 100 litrig ($^1/_{100}$-normal)	16,0	9158	11865	6508	4876	7200	7504	7504	bezogen auf 7504 als Anfangszahl
	30,0	3052	3456	4780	5529	3686	2016	3753	0,049
	45,0	2003	3916	2707	1209	1894	2227	2326	0,040
	60,0	889	416	793	1254	1536	972	977	0,046
	75,0	704	825	646	748	678	1017	770	0,039
	100,0	531	492	268	377	214	358	373	0,036
								Mittel:	0,042
HCl 75 litrig ($^1/_{75}$-normal)	12,0	12499	6969	4204	8236	8582	5414	7651	bezogen auf 7651 als Anfangszahl
	22,0	5356	3686	5472	4953	6739	3974	5030	0,042
	34,0	2821	2592	3225	2246	2361	2304	2592	0.055
	60,0	627	281	435	505	537	748	522	0,056
	75,0	384	384	275	710	640	514	485	0,044
								Mittel:	0,049
HCl 50 litrig ($^1/_{50}$-normal)	8,0	8121	10252	9043	7545	8870	9388	8870	bezogen auf 8870 als Anfangszahl
	23,0	2937	2707	3744	2649	3456	4032	3254	0,067
	30,0	1619	3801	1510	1420	1856	2707	2152	0,066
	40,0	800	1811	921	1440	1273	1446	1282	0,060
	55,0	844	755	659	761	659	409	681	0,056
								Mittel:	0,062
HCl 25 litrig ($=^1/_{25}$-normal)	4,0	5529	6681	5817	5702	4896	4147	5462	bezogen auf 5462 als Anfangszahl
	12,0	2592	2131	4089	2880	3801	2822	3053	0,073
	15,0	1913	1651	2240	1580	2009	2016	1902	0,096
	20,0	1228	1088	1472	864	2073	659	1221	0,093
	30,0	844	398	812	729	326	352	576	0,087
								Mittel:	0,087

Ausserdem sei eine tabellarische Zusammenstellung angeführt. (Siehe Tabelle 27.)

Tabelle 27.

Einfluss der Konzentration auf die Desinfektionsgeschwindigkeitskonstante von wässeriger Salzsäure.

Zusammenstellung der Desinfektionsgeschwindigkeitskonstanten der Tabellen 14 und 15.

Nummer der Tabelle	Konzentration der Salzsäure	Desinfektionsgeschwindigkeitskonstante K	Berechnung des Konzentrationsexponenten B nach der Gleichung: $\log\frac{K_1}{K_2} : \log\frac{C_1}{C_2} = B$		
			Benutzte Konzentrationspaarwerte		Konzentrationsexponent B
			C_1	C_2	
1	2	3	4	5	6
XIV. (Versuchsreihe 22)	150 litrig (= $^1/_{150}$-normal)	0,040	$^1/_{150}$	$^1/_{100}$	0,64
	100 litrig (= $^1/_{100}$-normal)	0,052	$^1/_{150}$	$^1/_{50}$	0,47
	50 litrig (= $^1/_{50}$-normal)	0,067	$^1/_{150}$	$^1/_{50}$	0,37
					Mittelwert: 0,49
XV. Versuchsreihe 23)	150 litrig (= $^1/_{150}$-normal)	0,035	$^1/_{150}$	$^1/_{100}$	0,45
	100 litrig (= $^1/_{100}$-normal)	0,042	$^1/_{150}$	$^1/_{75}$	0,48
	75 litrig (= $^1/_{75}$-normal)	0,049	$^1/_{150}$	$^1/_{50}$	0,52
	50 litrig (= $^1/_{50}$-normal)	0,062	$^1/_{150}$	$^1/_{25}$	0,51
	25 litrig (= $^1/_{25}$-normal)	0,087	$^1/_{100}$	$^1/_{75}$	0,54
			$^1/_{100}$	$^1/_{50}$	0,56
			$^1/_{100}$	$^1/_{25}$	0,53
			$^1/_{75}$	$^1/_{50}$	0,58
			$^1/_{75}$	$^1/_{25}$	0,52
			$^1/_{50}$	$^1/_{25}$	0,49
					Mittelwert: 0,52

In der letzten Vertikalreihe dieser Tabelle sind unter B Werte angeführt, die nach einer Gleichung berechnet wurden, die zu derjenigen, die sich bei den Gasversuchen als giltig erwiesen hat, analog ist, nämlich:

$$K = A \cdot C^{B} \qquad (2)$$

wo K die Desinfektionskonstante, C die Konzentration, A einen Preoportionalitätsfaktor und B eine Konstante bedeutet. Wenn man anstatt der Desinfektionskonstanten die Desinfektionszeiten zur Berechnung heranzieht, so ist

$$t = \frac{P}{A \cdot C^{B}} \qquad (2a)$$

wo $\frac{P}{A} = A_1$ ebenfalls einen Proportionalitätsfaktor bedeutet.

Bei Anwendung der logarithmierten Gleichung (2a) auf zwei Konzentrationen C_1 und C_2 mit den ihnen entsprechenden Desinfektionszeiten t_1 und t_2 erhalten wir:

$$\log t_1 = -\log A_1 - B \cdot \log C_1 \text{ und}$$

$$\log t_2 = -\log A_1 - B \cdot \log C_2 \text{ oder}$$

$$\log \frac{t_1}{t_2} = B \cdot \log \frac{C_2}{C_1} \text{ oder}$$

$$\log \frac{t_1}{t_2} : \log \frac{C_2}{C_1} = B = \text{konstant}$$

Die Werte B zeigen bei beiden Versuchsreihen, bei denen sich die Verdünnung der Salzsäure zwischen 150 und 50 und zwischen 150 und 25 Litern bewegt, einen relativ gut konstanten Wert von etwa 0,4 bis 0,5. Da bei diesen Verdünnungen, bei denen sich das Aequivalentleitvermögen nur zwischen 371 und 362 bewegt,[25]) man einen und denselben Dissoziationsgrad mit genügender Annäherung annehmen kann, so sind die Wasserstoffionenkonzentrationen den totalen Säurekonzentrationen proportional. Es ergibt sich also, dass die desinfizierende Wirkung der

[25]) Vergl. Kohlrausch und Holborn, Leitvermögen der Elektrolyte, Tab. 2, S. 160 (1898).

Salzsäure schwächer als ihre Konzentration wächst und nur proportional der Quadratwurzel der letzteren zunimmt. Dieses eigentümliche Verhalten kann nicht etwa durch eine Mitwirkung des Wassers erklärt werden, denn die letztere, wie sie von Th. Madsen beobachtet wurde, beruht wahrscheinlich auf einer hydrolytischen Spaltung. Da aber durch die Anwesenheit der Wasserstoffionen der Salzsäure die an und für sich sehr schwache elektrolytische Spaltung des Wassers praktisch vollständig zurückgedrängt wird, kann kaum die Wirkung des reinen Wassers in Betracht kommen. Ausserdem wurde experimentell die Konstante des reinen Wassers, allerdings bei einer anderen Granate bei +46° nur zu etwa 0,03 bestimmt. Berücksichtigt man

Tabelle 28.

(Versuchsreihe 14; am 6. Februar 1909.)

Einwirkung von Wasser bei 46° auf angetrocknete Staphylokokken.

Staphylokokkengranate III und IV A.

Einwirkungstemperatur	Einwirkungszeit in Minuten	Zahl der keimfähig gebliebenen Bakterien a) auf den einzelnen Platten 1. Platte	2. Platte	3. Platte	4. Platte	5. Platte	6. Platte	b) Mittelzahl	Desinfektionskonstante K
		Staphylokokkengranate III							bezogen auf 10 als Anfangszahl
+46,1°	90,0	6	8	5	18	11	12	10	–
+46,1°	100,0	5	6	6	5	8	9	7	0,036
		Staphylokokkengranate IV A							bezogen auf 28245 als Anfangszahl
+46,1°	80,0	44755	31449	24192	26082	14745	—	28245	—
+46,1°	100,0	18144	20448	22348	18316	7200	16185	17107	0,025

ferner, dass beim Wasser infolge der sehr grossen Dissoziationswärme und der damit verbundenen starken Zunahme der Dissoziation mit der Temperatur der Temperaturkoeffizient der Desinfektionswirkung wahrscheinlich noch grösser sein wird, als etwa 2,5 für 10 Grad, so ergibt sich für die Desinfektionswirkung des reinen Wassers bei +18° ein Wert von etwa 0,0002, der bei der Grössenordnung der Konstanten der Salzsäure kaum in Betracht kommt. Andereseits kann auch in der Abweichung der elektro-

lytischen Dissoziation starker Elektrolyte vom Massenwirkungsgesetz kaum nach einer Erklärung gesucht werden. Bekanntlich verhalten sich die letzteren bei steigender Verdünnung so, dass ihre Leitfähigkeit langsamer zunimmt, als nach dem Ostwald'schen Verdünnungsgesetz zu erwarten wäre. Infolgedessen erscheint die in gewöhnlicher Weise berechnete Dissoziationskonstante nicht konstant, sondern mit steigender Konzentration zunehmend. Sollte dieser Umstand in Betracht kommen, dann müsste man bei der Voraussetzung, dass die Wasserstoffionenkonzentration für die Kinetik des Desinfektionsvorganges allein massgebend sei, bei den starken Elektrolyten wie Salzsäure für B grössere Werte erhalten. Es bleibt also zur Erklärung des gefundenen Wertes B nur derjenige Weg übrig, der bei den Versuchen mit Stickstoffsauerstoffgemischen eingeschlagen wurde. Auch dort wurde festgestellt, dass die Desinfektionsgeschwindigkeitskonstante der Quadratwurzel der Sauerstoffkonzentration proportional ist. Die Mitwirkung einer Adsorption als kinetisch massgebenden Faktors wurde dort als wahrscheinlich angenommen. Allerdings sei nicht verkannt, dass im vorliegenden Falle diese Erklärungsweise besondere Schwierigkeiten verursacht, da über die Adsorption stark dissoziierter Stoffe zurzeit wenig Sicheres zu sagen ist. Jedenfalls hat I. G. C. Vriens qualitativ für Salpetersäure eine Adsorption nachgewiesen.[26]) Auch Kellner sowie Ewans haben bei stark verdünnten Lösungen der Salzsäure eine positive Adsorption nachgewiesen, die mindestens qualitativ der Adsorptionsisotherme gehorcht, d. h. die prozentuale Salzsäureaufnahme steigt mit sinkender Konzentration der Lösung stark an.

c) Einwirkung der Essigsäure und der n-Buttersäure bei verschiedenen Konzentrationen.

Es gelangten bei diesen Versuchen die Essigsäure und die n-Buttersäure in je 3 verschiedenen Konzentrationen zur Anwendung. Ausserdem, um einen Vergleich der Desinfektionswirkung organischer Säuren mit derjenigen der

[26]) J. G. C. Vriens, Untersuchungen über Adsorption. Zeitschrift für physikal. Chemie 31 (1899).

stark dissoziierten Elektrolyte zu ermöglichen, wurde gleichzeitig auch die Einwirkung der 100-litrigen Salzsäure untersucht. Diese Versuchsergebnisse sind eingehend in der Tabelle 29 angeführt. Eine Zusammenstellung der

Tabelle 29. (Versuchsreihe 48; am 2. Februar 1910.)

Desinfektionswirkung der Essigsäure und der n-Buttersäure in wässeriger Lösung bei verschiedenen Konzentrationen auf angetrocknete Staphylokokken.

Zum Vergleich wurde die Desinfektionswirkung von wässeriger Salzsäure untersucht.

Einwirkungstemperatur +18° Staphylokokkengranate XIII.

Konzentration der Säuren	Konzentration des H-Ions in Gramm für 1 l Lösung[30])	Einwirkungszeit in Minuten	Zahl der keimfähig gebliebenen Bakterien: a) auf den einzelnen Platten 1. Platte	2. Platte	3. Platte	b) Mittelzahl	Desinfektionskonstante K	Quotient aus d. mittleren Desinfektionsgeschwindigkeitskonstante u. der H-Ionenkonzentration
							bezogen auf 3200 als Anfangszahl	
1. Essigsäure 2 litrig (=1/2-normal)	0,003	5,0	3328	3392	2880	3200	—	
		16,0	774	1113	857	915	0,250	
		15,0	537	441	505	494	0,187	
		20,0	76	69	80	75	0,250	
		25,0	24	32	33	30	0,233	
		30,0	2	12	5	6	0,251	
							Mittel: 0.234	78
							bezogen auf 9248 als Anfangszahl	
2. Essigsäure =17,65- (=1/17,65-normal)	0,001	10,0	9376	9753	8614	9248	—	
		20.0	5913	5926	5792	5877	0,045	
		30,0	4531	5561	4486	4859	0,032	
		40,5	3104	3488	3769	3454	0,032	
		60,0	2547	2310	1689	2182	0,029	
							Mittel: 0,034	34
							bezogen auf 8162 als Anfangszahl	
3. Essigsäure =31,17-litrig (=1/31,17-normal)	0,00075	10,0	9024	7904	7558	8162	—	
		30,0	4915	4633	5241	4930	0,020	
		90,0	2348	2400	2604	2451	0,015	
		110.0	1580	1217	1113	1337	0,018	
							Mittel: 0,018	1824

Die Konzentration des Wasserstoffions wurde bei der Essigsäure und n-Buttersäure nach dem Ostwaldschen Verdünnungsgesetz berechnet. Die Konzentration des Wasserstoffions in der Salzsäurelösung wurde nach den Untersuchungen von Hausrath (Zeitschrift f. physikal. Chem. 37, 492 (1901) aus der Gefrierpunkterniedrigung und elektrischen Leitfähigkeit berechnet.

Tabelle 29. (Fortsetzung.)

Konzentration der Säuren	Konzentration des H-Ions in Gramm für 1 l Lösung[3])	Einwirkungszeit in Minuten	Zahl der keimfähig gebliebenen Bakterien a) auf den einzelnen Platten 1. Platte	2. Platte	3. Platte	b) Mittelzahl	Desinfektionskonstante K	Quotient aus d. mittleren Desinfektionsgeschwindigkeitskonstante u. der H-Ionenkonzentration
4. n.-Buttersäure =6,60-litrig (=$^1/_{6,60}$-normal)	0,0015	7,0	556	684	716	652	bezogen auf 652 als Anfangszahl —	
		14,0	56	62	54	57	0,348	
		22,0	4	10	6	7	0,301	
		28,0	4	4	8	5	0,232	
						Mittel:	0,294	196
5. n-Buttersäure =14,7-litrig (=$^1/_{14,7}$-normal)	0,001	20,0	3161	3238	3129	3176	bezogen auf 3176 als Anfangszahl —	
		30,0	1824	1875	1772	1824	0,055	
		40,0	748	742	576	689	0,076	
		50,0	582	825	595	667	0,052	
		61,0	544	492	595	544	0,043	
						Mittel:	0,057	57
6. n-Buttersäure =26 litrig ($^1/_{26}$-normal)	0,00075	30,0	2380	2892	2668	2647	bezogen auf 2647 als Anfangszahl —	
		50,0	1670	2048	2220	1979	0,015	
		70,0	1286	1344	1184	1271	0,018	
		90,0	627	576	614	606	0,025	
		110,0	838	857	870	855	0,014	
						Mittel:	0,018	24
7. HCl =100-litrig (=$^1/_{100}$-normal)	0,0096	21,0	3404	3148	3225	3259	bezogen auf 3259 als Anfangszahl —	
		31,0	736	595	627	653	0,115	
		41,0	120	141	147	136	0,136	
		51,3	81	79	60	73	0,111	
		71,0	2	7	2	4	0,125	
						Mittel:	0,122	12

Konstanten findet sich in Tabelle 30. Bei Betrachtung der letzteren ersieht man, dass die Wirkung sowohl der Essigsäure wie der n-Buttersäure bei einer viel geringeren Wasserstoffionenkonzentration als bei der 100-litrigen Salzsäure die Wirkung der letzteren bedeutend übersteigt, und zwar die n-Buttersäure in viel höherem Masse als die Essigsäure. So besitzt z. B. die 2-litrige Esigsäure, bei der

die Wasserstoffionenkonzentration nur 0,003 Grammjonen pro Liter beträgt, eine Desinfektionskonstante von 0,23,

Tabelle 30.

Zusammenstellung der Resultate von Versuchsreihe 48 (Tabelle 28) über den Einfluss der Konzentration auf die Desinfektionsgeschwindigkeitskonstante von Essigsäure und n-Buttersäure in wässeriger Lösung.

Desinfektionsmittel	Konzentration der Säuren	Konzentration des H-Ions	Desinfektionsgeschwindigkeitskonstante K	$\log\frac{K_1}{K_2}:\log\frac{C_1}{C_2}=B=B_1$			
				Benutzte Konzentrationspaarwerte C_1	C_2	B, berechnet aus der Saurekonzentration	B_1, berechnet aus der H-Ionenkonzentration
1	2	3	4	5	6	7	8
Essigsäure	2litrig	0,003 g H-Ionen in 1 l	0,234	$^1/_{2,0}$	$^1/_{17,65}$	0,89	1,75
	17,65-litrig	0,001 g H-Ionen in 1 l	0,034	$^1/_{2,0}$	$^1/_{31,17}$	0,93	1,89
	31,17-litrig	0,00075 g H-Ionen in 1 l	0,018	$^1/_{17,65}$	$^1/_{31,17}$	1,12	2,21
n-Buttersäure	6,6-litrig	0,0015 g H-Ionen in 1 l	0,294	$^1/_{6,6}$	$^1/_{14,7}$	2,04	4,04
	14,7 litrig	0,001 g H-Ionen in 1 l	0,057	$^1/_{6,6}$	$^1/_{2,6}$	2,03	4,03
	26,0 litrig	0,00075 g H-Ionen in 1 l	0,018	$^1/_{14,7}$	$^1/_{26,0}$	2,04	4,00

Bemerkung: Die Desinfektionsgeschwindigkeitskonstante der Salzsäure in 100 litriger ($= ^n/_{100}$ — 0,0096 g H-Ionen in 1 l) wässeriger Lösung betrug 0,122.

welche um das Zweifache grösser ist, als die Konstante der 100-litrigen Salzsäure, deren Wasserstoffkonzentration den Wert von 0,0096 Grammjonen im Liter erreicht. Bei der n-Buttersäure treten ähnliche Verhältnisse in noch höherem Grade auf. So besitzt die 6,6-litrige Säure mit einer Wasser-

stoffionenkonzentration von nur 0,0015 Grammjonen pro Liter die Desinfektionskonstante 0,29, welche etwa 2,3mal grösser ist, als diejenige der 100-litrigen Salzsäure. Die besonders starke Giftwirkung der n-Buttersäure ging auch daraus hervor, dass bei Anwendung einer 1,65-litrigen n-Buttersäure, welche mit der 2-litrigen Essigsäure isohydrisch ist, schon nach 5 Minuten die Staphylokokken vollständig abgetötet waren. Ohne weiteres folgt daraus, dass sowohl bei der Essigsäure wie bei der n-Buttersäure die Wasserstoffjonenkonzentration nicht die ausschlaggebende Rolle für die Kinetik der Desinfektionswirkung spielt. Es müssen also sowohl die Anionen, wie die undissoziierten Moleküle zur Erklärung dieser starken Giftwirkung herangezogen werden. Man kann einiges in dieser Beziehung der Aenderung der Desinfektionskonstante der einzelnen Säuren mit der Konzentration entnehmen. Zu diesem Zwecke wurden in der vorletzten Vertikalreihe von Tabelle 30 die Werte B angeführt, welche nach der Gleichung (2) berechnet wurden. Es stellte sich dabei heraus, dass für die Essigsäure der Wert von B ungefähr 1 ist, während er bei der n-Buttersäure auf 2 ansteigt. Während also bei der Essigsäure eine ziemlich genaue Proportionalität zwischen der Desinfektionswirkung der Säure und ihrer Totalkonzentration herrscht, nimmt bei der n-Buttersäure die Desinfektionswirkung mit dem Quadrate der Konzentration ab. Dadurch erklärt sich, dass die Werte der Desinfektionskonstanten der Essigsäure und n-Buttersäure nur bei den sehr hohen Konzentrationen von einander stark abweichen, um dagegen bei den verdünnten Lösungen einander sehr nahe zu kommen. So steht z. B. dem Wert der Desinfektionskonstante von der 17,65-litrigen Essigsäure 0,034, derjenige von 0,057 bei der 14,7-litrigen Buttersäure gegenüber, während die 31,17-litrige Essigsäure und die 26-litrige n-Buttersäure den gemeinschaftlichen Wert von 0,018 aufweisen. Es folgt daraus ein für die Desinfektionspraxis ziemlich wichtiger Hinweis, nämlich dass zwei Desinfektionsmittel, welche bei grösseren Konzentrationen in Bezug auf ihre Desinfektionswirkung von einander stark

abweichen, bei grosser Verdünnung einander ziemlich nahe kommen. So wird man z. B. um eine rasche Desinfektion zu erreichen, bei Anwendung von konzentrierten Lösungen der n-Buttersäure den Vorzug geben müssen, während bei langsamer Desinfektion sie ohne Nachteil durch die Essigsäure ersetzt werden kann.

Legt man bei der Berechnung für ein und dieselbe Säure die Wasserstoffjonenkonzentration zu Grunde, so ergibt sich bei der Essigsäure für ein Ansteigen der Wasserstoffjonenkonzentration um das $\frac{0{,}001}{0.00075}$ = 1,33fache, um das $\frac{0{,}003}{0{,}0001}$ = 3fache und um das $\frac{0{,}003}{0{,}00075}$ = 4fache eine Zunahme der Desinfektionsgeschwindigkeitskonstanten um bezw. das $\frac{0{,}034}{0{,}018}$ = 1,9fache und $\frac{0{,}234}{0{,}034}$ = 7fache und $\frac{0{,}234}{0.018}$ = 13fache. In gleicher Weise entsprechen bei der n-Buttersäure den Wasserstoffjonenkonzentrationsverhältnissen von 1,3, 1,5 und 2 diejenigen der Desinfektionskonstanten von 3,2, 5,2 und 16,3. Indessen zeigen auch diese Zahlen eine gewisse Gesetzmässigkeit, wie deutlich aus den Werten B_1 der Vertikalreihe 8 der Tabelle 30 hervorgeht. Die Werte der letzteren wurden ebenfalls nach der Gleichung (2) berechnet unter Benutzung der Wasserstoffjonenkonzentration für C, anstatt der totalen Säurekonzentration. Auch diese Werte B_1 sind konstant und betragen ungefähr das Doppelte von B. Jedoch sei bemerkt, dass dieser Zusammenhang nichts überraschendes darstellt. Es erscheint vielmehr als eine Notwendigkeit der Dissoziationstherme in ihrer Anwendung für schwache Elektrolyte, bei denen die Jonenkonzentration mit genügender Annäherung proportional der Quadratwurzel der totalen Konzentration ist. Was die physikalische Bedeutung der Werte B oder B_1 anbelangt, so ist diese im Falle der Essigsäure naheliegend. Einerseits kann sie dahin gedeutet werden, dass die undissoziierten Moleküle an und für sich mit genügender Geschwindigkeit sich an der Desinfektionsreaktion beteiligen, sodass infolge ihrer überwiegenden Konzentration sie allein auf die Reaktionsgeschwindigkeit massgebend sind; ander-

seits könnte man die Annahme machen, dass die Anionen die desinfizierende Wirkung der Wasserstoffionen proportional ihrer Konzentration beschleunigen. Beide Möglichkeiten würden dann die gleiche Abhängigkeit der Desinfektionswirkung von der Konzentration hervorrufen. Da über den Einfluss der Acetate zurzeit keine Versuchsresultate vorliegen, so kann man vorläufig eine Wahl zwischen den beiden Erklärungen nicht treffen. Dagegen sind die Werte von B und B_1 der n-Buttersäure vorläufig einer näheren Deutung kaum zugänglich. Ferner sei erwähnt, dass die Aenderungen der Desinfektionswirkung der Essigsäure und der n-Buttersäure mit der Konzentration keine Anhaltspunkte zur Annahme irgendwelcher Adsorptionsvorgänge geben. Das ist insbesondere dadurch merkwürdig, dass man bei der Salzsäure zu einer solchen Annahme gezwungen war. Da aber die schwachen Elektrolyte sich an Adsorptionsvorgängen viel leichter beteiligen, als die starken Elektrolyte, so wäre dasselbe bei den organischen Säuren insbesonders zu erwarten gewesen. Auch ein zweiter Umstand, und zwar die viel stärkere Desinfektionswirkung der n-Buttersäure der Essigsäure gegenüber gibt Anlass zu solchen Vermutungen, denn der Adsorptionskoeffizient der n-Buttersäure übertrifft Kohle als Adsorbens gegenüber fast um 2,5mal denjenigen der Essigsäure, sodass ein deutlicher Paralellismus zwischen den Desinfektionswirkungen dieser beiden Säuren und ihrer Adsorbierbarkeit zu Tage tritt.

Einfluss der Neutralsalze auf die Desinfektionsgeschwindigkeit der Säuren.

a) Versuchsergebnisse.

Es wurde oben gezeigt, dass isohydrische Lösungen der anorganischen Säuren bei der Desinfektion mit verschiedenen Desinfektionskonstanten auftreten und es wurde diese Verschiedenheit der Wirkung der Anionen zugeschrieben. Die undissoziierten Moleküle kommen in diesem Falle wegen ihrer sehr kleinen Konzentration kaum in Betracht. Th. Paul und B. Krönig haben schon seinerzeit auf diesen Umstand hingewiesen.[27]) Es ist naheliegend, dass in den Desinfektionskonstanten der Einfluss der Anionen nur in soferne zutage treten wird, wie das vom Verhältnis der desinfizierenden Wirkung der Anionen und nicht dissoziierten Moleküle zu demjenigen des Kations gestattet wird. Ist dieses Verhältnis sehr klein, dann wird die Reihe der Desinfektionskonstanten, welche verschiedenen Salzen ein und desselben Metalls zukommen, ihren Dissoziationsgraden vollständig entsprechen. Dieser Fall scheint von den genannten Beobachtern bei den Quecksilbersalzen, bei denen das Quecksilberkation eine sehr grosse desinfizierende Wirkung besitzt, bestätigt zu werden. Dagegen tritt der Einfluss der Anionen bei dem schwächer wirkenden Silberkation viel deutlicher hervor und eine Reihe von Silbersalzen, deren Dissoziationsgrad ungefähr derselbe ist, haben verschiedene Desinfektionswirkungen gezeigt. Aehnliche Verhältnisse haben Th. Paul und B. Krönig auch bei einer Reihe von anorganischen Säuren festgestellt. Leider aber

[27]) B. Krönig und Th. Paul, Die chem. Grundlagen der Lehre von der Giftwirkung und Desinfektion. Zeitschr. f. Hygiene und Infektionskrankheiten 25, 1 (1897).

kamen die entsprechenden Säuren wegen der grösseren Widerstandsfähigkeit der angewandten Bakterienart in so konzentrierten Lösungen zur Verwendung, dass Nebenreaktionen nicht ausgeschlossen sind und vielleicht erklärt sich dadurch, dass die von ihnen aufgestellte Säurereihe, in welcher die Säuren nach ihrer Desinfektionswirkung geordnet sind, von der bei diesen Versuchen gefundenen Wirkungsreihe etwas verschieden ist. So z. B. übertrifft bei ihren Versuchen die 1-literige Flusssäure alle anderen Säuren an Desinfektionswirkung während nach vorliegender Beobachtung die 100-litrige Flusssäure in ihrer Desinfektionswirkung derjenigen der 100-litrigen Salzsäure sehr nahe kommt. Auf die drei Gruppen, in welche sich die isohydrischen Lösungen der untersuchten Säuren ihrer Wirkung nach einreihen lassen, wurde schon oben hingewiesen. Es ist dabei besonders merkwürdig, dass die Halogenwasserstoffsäuren nicht einer und derselben Gruppe angehören, sondern in allen drei Gruppen auftreten und zwar in solcher Weise, dass mit steigendem Atomgewicht des Anions die Desinfektionswirkung bedeutend zunimmt. Um eingehender den Einfluss der Anionen zu prüfen, wurde eine Reihe von Versuchen ausgeführt, bei denen Gemische der anorganischen Säuren mit verschiedenen Mengen der Neutralsalze als Desinfektionsmittel benutzt wurden. Ausserdem wurden auch die Lösungen der Neutralsalze an und für sich untersucht. Die Ergebnisse dieser Versuche sind in den Tabellen 31 bis 41 ausführlich angegeben. Ausserdem findet man in der Tabelle 42 eine Zusammenstellung der Desinfektionskonstanten von Lösungen, welche Säuren und Salze zugleich enthalten, neben denjenigen der reinen Säuren angeführt. Zunächst ergibt sich bei der Betrachtung dieser Tabellen, dass die Salze, welche bei Zusatz zu einer Säure ein Ansteigen der Desinfektionskonstante hervorrufen, an und für sich keine nennenswerte Desinfektionswirkung ausüben. Das wurde bei diesen Versuchen direkt für 100-litrige Salzlösungen festgestellt. So hat auch seinerzeit M. Bial [28]) in seinen Studien über die

---

[28]) M. Bial, Ueber die antiseptischen Funktionen des Wasser-

Tabelle 31.

(Versuchsreihe 31; am 20. Juni 1909.)

Einwirkung der wässerigen Lösungen von Salzsäure, Salpetersäure, Natriumchlorid und Natriumnitrat auf angetrocknete Staphylokokken.

Staphylokokkengranate VIII.

Einwirkungstemperatur +18°.

Desinfektionsmittel	Einwirkungszeit in Minuten	Zahl der keimfähig gebliebenen Bakterien a) auf den einzelnen Platten 1. Platte	2. Platte	3. Platte	b) Mittelzahl	Desinfektionsgeschwindigkeitskonstante K
						bezogen auf 35174 als Anfangszahl
HCl =100 litrig (=$^1/_{100}$-normal)	10,0	37152	33753	34617	35174	—
	20,0	21369	19814	23616	21600	0,048
	50.0	14688	13536	14630	14283	0.023
	80,0	10310	9446	7545	9100	0,020
	120,0	5587	5990	5299	5625	0,019
					Mittel:	0,028
						bezogen auf 31353 als Anfangszahl
HNO_3 =100 litrig (=$^1/_{100}$-normal)	5,0	30643	31046	32371	31353	—
	10,0	21427	23270	23846	22848	0,063
	20,0	16185	18835	18547	17856	0,038
	30,0	11462	11635	14227	12441	0,040
	50,0	1612	1388	2310	1770	0,064
	80,0	92	52	141	95	0,077
					Mittel:	0,056
NaCl =100 litrig (=$^1/_{100}$-normal)	5,0	24537	23270	21888	23231	—
	10,0	16934	19238	18201	18124	
	20,0	19238	19929	19180	19449	
	30,0	17222	19008	—	18115	
	50,0	16876	17280	—	17078	
	105,0	18028	16237	16934	17066	
	130,0	25862	23212	25689	24921	
$NaNO_3$ =100 litrig (=$^1/_{100}$-normal)	5,0	14342	17049	19180	16867	—
	10,0	22924	20851	23385	22387	
	20,0	16473	19180	16990	17548	
	30,0	19526	10160	16704	18797	
	50,0	14227	13824	18086	15379	
	80,0	19814	18835	19238	19296	
	130,0	18374	18662	17164	18066	

stoffions verdünnter Säuren. Zeitschr. f. physikal. Chem. 40, 527 (1902). Vergl. auch Dr. Scheurlen, Die Bedeutung des Molekularzustandes der wassergelösten Desinfektionsmittel f. ihren Wirkungswert. Arch. f. exp. Path. u. Pharmakol. 37, 74 (1896).

Tabelle 32. (Versuchsreihe 32; am 24. Juni 1909.)

Einwirkung der wässerigen Lösungen von Salpetersäure, Ueberchlorsäure, Bromwasserstoffsäure, Kaliumperchlorat, Natriumbromid auf angetrocknete Staphylokokken.

Einwirkungstemperatur +18°. Staphylokokkengranate VIII.

Desinfektionsmittel	Einwirkungszeit in Minuten	Zahl der keimfähig gebliebenen Bakterien a) auf den einzelnen Platten 1. Platte	2. Platte	3. Platte	b) Mittelzahl	Desinfektionskonstante K
						bezogen auf 18892 als Anfangszahl
$HClO_4$ 100 litrig (= $^1/_{100}$-normal)	5,0	18777	18720	19180	18892	—
	10,0	9388	8158	9734	9093	0,146
	30,0	1664	1644	1753	1687	0,096
	50,0	69	84	66	73	0,123
	70,0	3	3	9	5	0,126
						Mittel: 0,123
						bezogen auf 31871 als Anfangszahl
HNO_3 100 litrig (= $^1/_{100}$-normal)	10,0	27187	33292	35136	31871	—
	20,0	17002	18201	15955	17032	0,063
	30,0	8064	8755	7833	8214	0,068
	40,0	4620	4134	3974	4243	0,067
	50,0	2508	2035	1888	2143	0,067
	60,0	1177	1216	1254	1216	0,065
	70,0	313	318	319	317	0,077
						Mittel: 0,068
						bezogen auf 31442 als Anfangszahl
HBr 100 litrig (= $^1/_{100}$-normal)	5,0	30873	32198	32256	31442	—
	10,0	23616	22233	—	22924	0,063
	20,0	10771	11059	10022	10617	0,072
	30,0	3910	5144	5073	4709	0,076
	50,0	2483	2540	2086	2340	0,058
	80,0	326	355	309	330	0,061
	120,0	5	2	3	3	0,080
						Mittel: 0,068
$KClO_4$ — 100 litrig (= $^1/_{100}$-normal)	10,0	20966	19238	18028	19411	—
	40,0	21772	22176	26726	23558	
	80,0	27936	25689	23961	25862	
	120,0	24825	17280	20620	20908	
NaBr — 100 litrig (= $^1/_{100}$-normal)	10,0	17568	20102	17049	18240	—
	40,0	21809	22870	24710	23130	
	80,0	23117	26092	29836	26348	
	120,0	25747	31680	32428	29952	

Tabelle 33.

(Versuchsreihe 33; am 5. Juli 1909.)

Einwirkung der wässerigen Lösungen von Salzsäure, Ueberchlorsäure, Salpetersäure und Bromwasserstoffsäure auf angetrocknete Staphylokokken.

Staphylokokkengranate VIII.

Einwirkungstemperatur +18°.

Desinfektionsmittel	Einwirkungszeit in Minuten	Zahl der keimfähig gebliebenen Bakterien a) auf den einzelnen Platten 1. Platte	2. Platte	3. Platte	b) Mittelzahl	Desinfektionsgeschwindigkeitskonstante K
						bezogen auf 21311 als Anfangszahl
	10,0	22982	22060	18892	21311	—
HCl	30,0	11865	11001	11635	11500	0,031
= 100 litrig	40,0	7142	6508	6739	6796	0,037
(= 1/100-normal	50,0	7948	7660	7488	7699	0,025
	60,0	3296	3430	3321	3349	0,037
	70,0	1260	1100	1203	1188	0,048
						Mittel: 0,036
						bezogen auf 17299 als Anfangszahl
	10,0	17740	18619	17337	17299	—
$HClO_4$	20,0	7545	6508	6566	6873	0,092
= 100 litrig	30,0	1523	1280	966	1256	0,131
(= 1/100-normal)	40,0	405	316	313	345	0,130
	50,0	33	33	27	31	0,126
	60,0	13	4	5	7	0,130
						Mittel: 0,122
						bezogen auf 12115 als Anfangszahl
HNO_3	10,0	13075	11232	12038	12115	—
= 100 litrig	40,0	1977	1977	—	1977	0,060
(= 1/100-normal)	60,0	238	242	287	256	0,071
	70,0	59	61	74	64	0,087
						Mittel: 0,073
						bezogen auf 13055 als Anfangszahl
HBr	20,0	13708	12729	12729	13055	—
= 100 litrig	40,0	4467	4883	5612	4987	0,048
(= 1/100-normal)	50,0	1376	1414	1548	1446	0,073
	60,0	7774	838	691	768	0,071
						Mittel: 0,064

Tabelle 34.

(Versuchsreihe 34; am 13. Juli 1909.)

Einwirkung der wässerigen Lösungen von Salzsäure, Chlorsäure, Ueberchlorsäure, Salpetersäure und Schwefelsäure auf angetrocknete Staphylokokken.

Staphylokokkengranate VIII.

Einwirkungstemperatur +18°.

Desinfektionsmittel	Einwirkungszeit in Minuten	Zahl der keimfähig gebliebenen Bakterien a) auf den einzelnen Platten 1. Platte	2. Platte	3. Platte	b) Mittelzahl	Desinfektionsgeschwindigkeitskonstante K
						bezogen auf 49260 als Anfangszahl
	10,4	46828	53856	47116	49266	—
HCl	20,0	43718	43488	31449	39552	0,023
100 litrig	40,0	29664	28800	29606	29357	0,018
(= $^1/_{100}$-	50,0	21888	18835	18432	19718	0,023
normal)	60,0	18201	18086	14745	17011	0,021
	70,0	13420	13536	12787	13248	0,022
						Mittel: 0,021
						bezogen auf 58828 als Anfangszahl
	10,0	52945	59616	58924	58828	—
$HClO_3$	30,0	44006	46252	42336	44198	0,014
100 litrig	40,0	27810	29664	26438	27971	0,025
($^1/_{100}$-	50,0	17568	18892	17164	17875	0,030
normal)	60,0	16704	18259	16646	17203	0,024
	70,0	12499	13420	13190	13036	0,025
						Mittel: 0,024
						bezogen auf 35327 als Anfangszahl
	10,0	34905	33868	37209	35327	—
$HClO_4$	20,0	18259	18374	10992	17875	0,068
— 100 litrig	30,2	3148	3372	2905	3142	0,119
(= $^1/_{100}$-	40,0	825	768	620	738	0,129
normal)	50,0	246	235	288	256	0,123
	60,0	9	14	10	11	0,161
						Mittel: 0,120

Tabelle 34 (Fortsetzung).

Desinfektionsmittel	Einwirkungszeit in Minuten	Zahl der keimfähig gebliebenen Bakterien a) auf den einzelnen Platten 1. Platte	2. Platte	3. Platte	b) Mittelzahl	Desinfektionsgeschwindigkeitskonstante K
						bezogen auf 61132 als Anfangszahl
	10,0	60307	63302	59788	61132	—
HNO_3	29,0	33638	29433	29488	30853	0,036
= 100 litrig	40,0	12038	10398	11056	11231	0,056
(= $^1/_{100}$-normal)	50,0	6854	6105	7200	6720	0,055
	60,0	2585	2854	1619	2453	0,064
	70,0	1113	332	633	693	0,074
						Mittel: 0,057
						bezogen auf 19296 als Anfangszahl
	10,0	21024	18201	18662	19296	—
H^2SO_4	30,0	4403	3225	4569	4066	0,077
= 200 litrig	40,3	1843	1984	1606	1811	0,078
(= $^1/_{200}$-normal)	50,0	1542	—	1689	1615	0,062
	60,0	915	1094	953	987	0,059
	70,0	427	382	275	361	0,066
						Mittel: 0,068

Tabelle 35.

(Versuchsreihe 35; am 17. Juli 1909.)

Einwirkung der wässerigen Lösung von Salzsäure auf angetrocknete Staphylokokken.

Staphylokokkengranate VIII.

Einwirkungstemperatur +18°.

Desinfektionsmittel	Einwirkungszeit in Minuten	Zahl der keimfähig gebliebenen Bakterien a) auf den einzelnen Platten 1. Platte	2. Platte	3. Platte	b) Mittelzahl	Desinfektionskonstante K
						bezogen auf 57312 als Anfangszahl
	10,1	56736	57254	57945	57312	—
HCl	39,9	28684	35884	30931	31833	0,020
= 100 litrig	49,8	24249	22464	24768	23827	0,020
(= $^1/_{100}$-normal)	60,0	22060	25344	22924	23443	0,019
	69,3	14803	18086	16300	16396	0,021
	80,0	12153	13536	11462	12383	0,022
	90,0	10310	13593	12844	12249	0,019
						Mittel: 0,020

Tabelle 36.

(Versuchsreihe 37; am 22. Juli 1909.)

Einwirkung der wässerigen Lösungen von Salzsäure, Chlorsäure, Flussäure, Jodwasserstoffsäure und Schwefelsäure auf angetrocknete Staphylokokken.

Staphylokokkengranate VIII.

Einwirkungstemperatur + 18°.

Desinfektionsmittel	Einwirkungszeit in Minuten	Zahl der keimfähig gebliebenen Bakterien a) auf den einzelnen Platten 1. Platte	2. Platte	3. Platte	b) Mittelzahl	Desinfektionskonstante K
	20,0	50515	49881	48268	49555	bezogen auf 49555 als Anfangszahl —
HCl	40,0	28800	33638	34848	32429	0,021
100 litrig	50,3	31334	30528	30240	30701	0,016
(= 1/100-normal)	61,0	22176	18489	21139	20601	0,022
	90,0	16070	14918	13305	14764	0,017
	108,0	12556	11116	11520	11731	0,016
						Mittel: 0,018
	10,0	58348	53337	55929	55871	bezogen auf 55871 als Anfangszahl —
$HClO_3$	30,0	37555	35481	34387	35808	0,022
100 litrig	40,1	33638	31622	33292	32851	0,018
(= 1/100-normal)	50,4	27475	24538	24076	25363	0,020
	70,0	15321	13996	12672	13996	0,023
	80,7	11462	12153	11347	11654	0,022
						Mittel: 0,021
	10,0	21772	23443	19008	21408	bezogen auf 21408 als Anfangszahl —
	20,0	19296	15552	16656	17168	0,022
HF	30,0	9100	10310	10886	10099	0,038
— 100 litrig	40,0	8294	8236	7603	8044	0,033
(1/100-normal)	61,5	4185	3468	5081	4245	0,031
	70,3	4102	4793	4345	4413	0,026
	80,0	1350	1017	1318	1228	0,041
						Mittel: 0,032

Tabelle 36, (Fortsetzung)

Desinfektionsmittel	Einwirkungszeit in Minuten	Zahl der keimfähig gebliebenen Bakterien: a) auf den einzelnen Platten 1. Platte	2. Platte	3. Platte	b) Mittelzahl	Desinfektionsgeschwindigkeitskonstante K
						bezogen auf 132 als Anfangszahl
HJ	10,2	123	131	143	132	—
= 100 litrig	19,0	5	59	8	24	0,192
(= $^1/_{100}$-normal)	29,0	11	11	11	11	0,132
	39,2	1	2	4	2	0,144
						Mittel: 0,156
						bezogen auf 30931 als Anfangszahl
	10,0	30067	30355	32371	30931	—
	30,0	12787	15667	12614	13689	0,041
H_2SO_4	40,4	8812	9619	8294	8908	0,041
= 200 litrig	50,2	7200	9612	7084	7065	0,037
(= $^1/_{200}$-normal)	60,0	3251	3353	2732	3112	0,046
	71,5	2265	2329	2041	2212	0,043
	80,3	347	455	481	428	0,061
						Mittel: 0,045

Tabelle 37. (Versuchsreihe 38; am 24. Juli 1909.)

1. Einfluss von Kaliumperchlorat auf die Desinfektionswirkung der Salzsäure.

2. Einwirkung einer wässerigen Lösung von Kaliumjodid auf angetrocknete Staphylokokken.

Staphylokokkengranate VIII. Einwirkungstemperatur +18°.

Desinfektionsmittel	Einwirkungszeit in Minuten	Zahl der keimfähig gebliebenen Bakterien: a) auf den einzelnen Platten 1. Platte	2. Platte	3. Platte	b) Mittelzahl	Desinfektionsgeschwindigkeitskonstante K
						bezogen auf 43699 als Anfangszahl
	10,0	42566	41875	46656	43699	—
$KClO_4$+HCl	31.0	4166	3411	2681	3419	0,121
= 100 litrig	40,0	1574	1728	1536	1613	0,109
(= $^1/_{100}$-normal)	50,5	343	269	194	269	0,125
	60,5	77	50	52	60	0,130
	70,5	—	4	3	3	0,158
						Mittel: 0,129
	10,0	31219	30470	29664	30451	—
	19,8	52070	45504	49593	49056	—
KJ	30,5	38304	41875	36345	38841	—
= 100 litrig	39,5	21600	17049	16934	18528	—
(= $^1/_{100}$-normal)	50,0	27360	27820	25574	26918	—
	60,0	17683	13420	16416	15840	—
	70,0	29664	28915	27614	28531	—
	80,0	20563	22752	22460	21925	—

Tabelle 38.

(Versuchsreihe 39; am 29. Juli 1909.)

1. Einfluss von Kaliumperchlorat auf die Desinfektionswirkung der Salpetersäure, Salzsäure und Ueberchlorsäure.

2. Einfluss von Natriumnitrat auf die Desinfektionswirkung der Salzsäure.

Staphylokokkengranate VIII.

Einwirkungstemperatur +18°.

Desinfektionsmittel	Einwirkungszeit in Minuten	Zahl der keimfähig gebliebenen Bakterien a) auf den einzelnen Platten 1. Platte	2. Platte	3. Platte	b) Mittelzahl	Desinfektionsgeschwindigkeitskonstante K
						bezogen auf 27916 als Anfangszahl
HNO_3	10,0	27129	24480	32140	27916	—
$+KClO_4$	15,0	10598	8697	8524	9273	0,220
= 100 litrig	20,4	2515	2662	2534	2570	0,229
(= $^1/_{100}$-	25,0	1520	742	1939	1400	0,199
normal)	30,0	252	280	406	346	0,219
	40,0	11	18	6	12	0,258
					Mittel:	0,225
						bezogen auf 28915 als Anfangszahl
HCl+	10,0	28051	29779	28915	28915	—
$2KClO_4$	15,0	9561	10428	10137	10041	0,211
HCl	20,0	1459	1664	1120	1414	0,301
— 100 litrig	25,0	—	902	774	838	0,243
(HCl = $^1/_{100}$-	30,0	23	22	21	22	0,359
normal)	40,0	5	0	7	6	0,282
					Mittel:	0,279
						bezogen auf 20064 als Anfangszahl
$HClO_4$						—
$+KClO_7$	10,0	24480	21312	14400	20064	0,314
= 100 litrig	15,0	4480	4211	3776	4156	0,421
(= $^1/_{100}$-	25,0	32	—	40	36	
normal)					Mittel:	0,367
						bezogen auf 17213 als Anfangszahl
HOl+						—
$NaNO_3$	20,0	19065	15006	17568	17213	0,059
= 100 litrig	40,0	5760	5478	4742	5327	0,059
(= $^1/_{100}$-	50,0	2368	3264	3136	2923	0,074
normal)	60,0	—	1024	768	896	
					Mittel:	0,064

Tabelle 39.

(Versuchsreihe 41; am 4. August 1909.)

1. Einfluss von Kaliumjodid und Natriumbromid auf die Desinfektionswirkung der Salzsäure.
2. Einfluss von Natriumchlorid auf die Desinfektionswirkung der Ueberchlorsäure.
3. Einwirkung einer wässerigen Lösung von Salzsäure auf angetrocknete Staphylokokken.

Staphylokokkengranate X.

Einwirkungstemperatur +18°.

Desinfektionsmittel	Einwirkungszeit in Minuten	Zahl der keimfähig gebliebenen Bakterien a) auf den einzelnen Platten 1. Platte	2. Platte	3. Platte	b) Mittelzahl	Desinfektionsgeschwindigkeitskonstante K
						bezogen auf 27072 als Anfangszahl
HCl+KJ = 100 litrig (= 1/100-normal)	5,0	27475	27684	29956	27072	—
	10,5	17625	12766	13766	15052	0,106
	20,0	13420	11635	12096	12384	0,052
	25,0	8121	9043	8006	8390	0,059
	30,6	774	793	742	770	0,139
						Mittel: 0,089
						bezogen auf 28972 als Anfangszahl
HCl+2KJ HCl = 100 litrig (= 1/100-normal)	5,0	29203	28684	29030	28972	—
	7,0	18835	16531	16416	17260	0,258
	9,0	11808	11577	11232	11539	0,230
	12,5	10656	11404	11462	11174	0,133
	15,0	7833	7315	8640	7929	0.129
	18,0	—	3552	2995	3273	0,167
	22,0	1126	979	1312	1139	0,190
						Mittel: 0,185
						bezogen auf 12211 als Anfangszahl
HCl+NaBr = 100 litrig (= 1/100-normal)	10,0	11347	13593	11692	11211	—
	15,0	11462	10598	11923	11328	0,015
	20,0	9216	9907	10886	10003	0,020
	26,2	7027	6969	6151	6816	0,036
	36,0	7488	7257	6796	7180	0,020
	45,0	—	2276	2528	2402	0,046
	60,2	896	1011	985	964	0,051
						Mittel: 0,031

Tabelle 39, (Fortsetzung.)

Desinfektionsmittel	Einwirkungszeit in Minuten	Zahl der keimfähig gebliebenen Bakterien a) auf den einzelnen Platten 1. Platte	2. Platte	3. Platte	b) Mittelzahl	Desinfektionsgeschwindigkeitskonstante K
						bezogen auf 45791 als Anfangszahl
HCl+2 NaBr	10,0	50860	45734	40780	45791	—
HCl	16,8	43257	38707	37900	39955	0,020
= 100 litrig	23,3	34617	33868	34617	34367	0,022
(HCl = $^1/_{100}$-	26,3	32025	28396	25459	28627	0,029
normal)	31,0	8409	8928	10080	9139	0,076
	36,5	3308	3609	3795	3571	0,096
	43,0	3360	3404	2944	3236	0,080
					Mittel:	0,054
						bezogen auf 49152 als Anfangszahl
HCl+3 NaBr	5,0	46886	49881	50688	49152	—
HCl	8,0	39686	41184	—	40435	0,065
100 litrig	12.0	19296	19123	22579	20333	0,126
(HCl = $^1/_{100}$-	17,0	10828	10944	12384	11385	0,122
normal)	27,0	7176	7948	—	7562	0,085
	35,0	2758	2688	2483	2643	0,097
					Mittel:	0,107
						bezogen auf 13747 als Anfangszahl
$HClO_4$+	10,0	13190	13939	14112	13747	—
NaCl—100	45,0	357	421	498	425	0,099
litrig (=$^1/_{100}$-	60,0	54	45	51	48	0,113
normal)	71,3	16	—	—	16	0,110
					Mittel:	0,107
						bezogen auf 48633 als Anfangszahl
	11 0	47577	49248	49075	48633	—
HCl	20,0	41644	39571	40723	40646	0,020
100 litrig	30,0	39052	42681	40838	38815	0,012
(= $^1/_{100}$-	60,3	24595	27014	27129	26246	0,013
normal)	105,5	11008	10886	12038	11577	0,015
	120,0	6796	9907	9388	8697	0,016
					Mittel:	0,015

Tabelle 40.

(Versuchsreihe 46; am 8. Januar 1910.)

1. Einfluss von Kaliumnitrat auf die Desinfektionswirkung der Salpetersäure.

2. Einwirkung der wässerigen Lösung von Salpetersäure sowie von Salzsäure auf angetrocknete Staphylokokken.

Staphylokokkengranate XII.

Einwirkungstemperatur +18°.

Desinfektionsmittel	Einwirkungszeit in Minuten	Zahl der keimfähig gebliebenen Bakterien a) auf den einzelnen Platten 1. Platte	2. Platte	3. Platte	b) Mittelzahl	Desinfektionsgeschwindigkeitskonstante K
HNO_3+ KNO_3	6,0	11104	13395	13235	12578	bezogen auf 12578 als Anfangszahl —
100 litrig	20,0	1497	1990	1932	1806	0,138
(= $^1/_{100}$-	25,0	492	428	428	449	0,175
normal)	30,0	205	196	170	190	0,175
						Mittel: 0,163
HNO_3+ $2KNO_3$	5,0	9977	11392	11404	10924	bezogen auf 10924 als Anfangszahl —
HNO_3	10,0	3219	3763	3526	3502	0,227
=100 litrig	15,5	1824	1427	1494	1582	0,184
(= $^1/_{100}$-	20,0	390	409	403	401	0,220
normal)	25,3	31	46	40	39	0,278
						Mittel: 0,227
HNO_3+ $3KNO_3$	5,0	10944	10688	8300	9977	bezogen auf 9977 als Anfangszahl
HNO_3	10,0	4044	4000	2726	3590	0,204
=100 litrig	15,0	992	761	851	868	0,244
(= $^1/_{100}$-	20,0	161	152	148	154	0,278
normal)	25,0	9	8	3	7	0,363
						Mittel: 0,272
HNO_3	10,0	11456	12332	13830	12539	bezogen auf 12539 als Anfangszahl —
=100 litrig	20,0	3942	3808	3699	3816	0,119
(= $^1/_{100}$-	30,0	1254	1452	1420	1375	0,110
normal)	40,0	196	188	211	198	0,174
						Mittel: 0,134

Tabelle 40, (Fortsetzung.)

Desinfektionsmittel	Einwirkungszeit in Minuten	Zahl der keimfähig gebliebenen Bakterien a) auf den einzelnen Platten 1. Platte	2. Platte	3. Platte	b) Mittelzahl	Desinfektionsgeschwindigkeitskonstante K
	10,0	11040	13388	10739	11722	bezogen auf 11722 als Anfangszahl —
HCl	30,0	3942	2892	3238	3024	0,068
=100 litrig	40,0	1337	1440	1260	1346	0,072
(=$^1/_{100}$-normal)	71,0	116	141	139	132	0,074
	76,5	70	66	56	64	0,078
	80,0	41	40	34	38	0,082
						Mittel: 0,075

Tabelle 41. (Versuchsreihe 47; am 15. Januar 1910.)

1. Einfluss von Kaliumnitrat auf die Desinfektionswirkung von Salzsäure.

2. Einwirkung der wässerigen Lösung von Salzsäure sowie von Salpetersäure auf angetrocknete Staphylokokken.

Staphylokokkengranate XII. Einwirkungstemperatur +18°.

Desinfektionsmittel	Einwirkungszeit in Minuten	Zahl der keimfähig gebliebenen Bakterien a) auf den einzelnen Platten 1. Platte	2. Platte	3. Platte	b) Mittelzahl	Desinfektionsgeschwindigkeitskonstante K
	10,0	8960	6508	8915	8128	bezogen auf 8128 als Anfangszahl —
$HCl+KNO_3$	15,0	7168	5324	5651	6048	0,059
=100 litrig	25,0	1926	2400	1516	1947	0,095
(= $^1/_{100}$-normal)	30,0	1964	2118	2195	2092	0,068
	35,0	992	1305	1024	1107	0,080
	40,0	512	620	416	516	0,092
						Mittel: 0,079
	4,0	21753	22835	23014	22534	bezogen auf 22534 als Anfangszahl —
HCl+	12,0	12672	12710	12992	12791	0,096
$2KNO_3$ HCl	16,0	3993	3264	3782	3680	0,151
=100 litrig	20,3	1900	2194	2201	2099	0,146
(= $^1/_{100}$-normal)	25,3	454	518	492	488	0,180
	28,0	851	889	1011	917	0,133
	32,3	183	165	181	176	0,172
						Mittel; 0,146

(Tabelle 41, Fortsetzung.)

Desinfektionsmittel	Einwirkungszeit in Minuten	Zahl der keimfähig gebliebenen Bakterien a) auf den einzelnen Platten 1. Platte	2. Platte	3. Platte	b) Mittelzahl	Desinfektionskonstante K
						bezogen auf 25892 als Anfangszahl
HCl +	4,0	24870	27052	25753	25892	—
$3KNO_3$	16,0	6387	7232	6041	6553	0,114
HCl	20,0	1465	1433	1203	1367	0,184
= 100 litrig	24,0	345	281	315	314	0,220
(= $^1/_{100}$-	28,0	24	13	20	19	0,300
normal)	32,3	19	22	22	21	0,252
					Mittel:	0,214
						bezogen auf 27880 als Anfangszahl
HCl +	4,0	26732	30176	26732	27880	—
$4KNO_3$	12,0	7385	6073	7129	6862	0,175
HCl	16,0	2054	1779	1817	1883	0,224
= 100 litrig	20,8	61	38	42	47	0,381
(= $^1/_{100}$-	24,3	21	22	10	18	0,362
normal)	28,3	3	3	3	3	0,376
					Mittel:	0,304
						Anfangszahl 12343 als Anfangszahl
	10,0	13152	12627	11251	12343	-
	20.0	7993	7884	7884	7920	0,044
HCl	30,0	2835	2841	3161	2946	0,072
= 100 litrig	41.0	1465	1446	1779	1563	0,067
(= $^1/_{100}$-	50,0	569	569	537	558	0,077
normal)	60,0	186	156	162	168	0,086
	70,0	86	91	72	83	0,083
	80,0	40	42	28	37	0,083
					Mittel;	0,073
						bezogen auf 19507 als Anfangszahl
	7,0	19225	20262	19033	19507	—
HNO_3	14,0	7788	7020	6848	7219	0,142
100 litrig	22,0	3123	2752	2963	2946	0,126
(= $^1/_{100}$-	28,0	838	883	1024	915	0,146
normal)	35,0	480	486	313	426	0,136
	42,0	156	131	168	152	0,139
					Mittel;	0,138

Entwicklungshemmung des Hefepilzes durch Kochsalzlösungen eine bedeutende Wirkung erst bei 1,8 normal NaCl beobachtet.

Bei den zur näheren Untersuchung der beschleunigenden Wirkung der Neutralsalze durchgeführten Versuchen sollte hauptsächlich folgendes aufgeklärt werden:

1. Der Einfluss von Salzen, welche ein von den benutzten Säuren verschiedenes Anion besitzen.
2. Der Einfluss von Salzen, welche mit den benutzten Säuren ein gemeinschaftliches Anion haben.
3. Der Einfluss der Konzentration des Salzes in beiden erwähnten Fällen.

In der Regel hat sich herausgestellt, dass, wenn man zu einer Säure HX_1 die äquivalente Menge eines Salzes MeX_2 hinzufügt, die Desinfektionskonstante dieses Gemisches den Wert der Säure HX_2 erreicht. So ist z. B. bei den mit Granate VIII angestellten Versuchen, welche auf Tabelle 42 zusammengestellt sind, die Desinfektionskonstante der Salzsäure durchschnittlich 0,025, diejenige der Salpetersäure 0,06, der Ueberchlorsäure 0,12. Dementsprechend besitzt eine Lösung von HCl + $NaNO_3$ eine Konstante von 0,064, von HCl + $HClO_4$ eine solche von 0,129 und von HNO_3 + $KClO_4$ eine solche von 0,225. Abgesehen vom letzten Wert, auf den unten noch näher eingegangen werden soll, findet sich in den übrigen Fällen die oben erwähnte Regelmässigkeit bestätigt. Auch bei den anderen Granaten tritt dieselbe Erscheinung auf. So findet man z. B. in Versuch 41 auf Tab. 39, bei welchen die Granate X zur Anwendung kam, neben dem Wert der Salzsäure von 0,015, für HCl + NaBr den Wert von 0,031 und für HCl + KJ den Wert von 0,089. Leider fehlen für diese Granaten die Desinfektionskonstanten für 1/100-normal HBr und HJ.

Entnimmt man aber die entsprechenden Zahlen den Versuchen mit der Granate VIII und berechnet daraus das Verhältnis der Konstanten dieser Säuren zu derjenigen der Salzsäure, so ergibt sich, dass bei der Granate X die Konstanten für HCl+NaBr und HCl+KJ sich zu der-

Tabelle 42. Einfluss von Neutralsalzen auf die Zusammenstellung der Versuchs-

Nummer der Versuchsreihe	Nummer der Tabelle	Staphylokokkengranate	HCl	$HClO_3$	HF	HBr	HNO_3	H_2SO_4	$HClO_4$	HJ	HCl+NaBr	HCl +2NaBr	HCl +3NaBr
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
31	30	VIII	0,028				0,056						
32	31	VIII				0,068	0,068		0,123				
33	32	VIII	0,036			0,064	0,073		0,122				
34	33	VIII	0,021	0,024			0,057	0,068	0,120				
35	34	VIII	0,020										
37	35	VIII	0,018	0,021	0,032			0,045		0.156			
38	36	VIII											
39	37	VIII											
41	38	X	0,015								0,031	0,054	0,107
46	39	XII	0,075				0,134						
47	40	XII	0,073				1,138						

jenigen von HCl im selben Verhältnis (etwa 1:2 und 1:6) befinden.

Hierbei muss man berücksichtigen, dass sich ein Gemisch von HX + MeX von der Lösung HX durch das Vorhandensein der äquivalenten Menge Me und X -Ionen unterscheidet. Da aber die Desinfektionsgeschwindigkeitskonstanten beider Lösungen annähernd gleich sind, so folgt daraus, dass die Me- und X -Ionen in diesem Falle indifferent sind. Bei den oben angeführten Versuchen war X_2 das Chlorion. Daraus geht hervor, dass die Cl-Ionen eine besondere Stellung bei der Desinfektionswirkung der Säuren einnehmen.

Die oben zum Ausdruck gebrachte Ansicht, dass die Desinfektionskonstante des Salzsäure als Mass der Wasserstoffionenwirkung allein anzusehen sei, wird dadurch wesentlich gestützt. Da andereseits die Chlorsäure und die Fluss-

Desinfektionswirkung von Säuren.

Ergebnisse aus den Tabellen 30 bis 40.

HCl +$NaNO_3$	HCl+KNO_3	HCl +$2KNO_3$	HCl +$3KNO_3$	HCl +$4KNO_3$	HCl +$KClO_4$	HCl +$2KClO4$	HCl+KJ	HCl+2KJ	HNO_3 +KNO_3	HNO_3 +$2KNO_3$	HNO_3 +$3KNO_3$	HNO_3 +$KClO_4$	$HClO_4$ +NaCl	$HClO_4$ +$KClO_4$
12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	25
					0,129									
0,064						0,279						0,225		0,367
							0.089	0,185					0,107	
									0 163	0,227	0,272			
	0,079	0,146	0,214	0,304										

säure fast dieselben Desinfektionskonstanten wie die Salzsäure aufweisen, so besitzen die ClO_3 und F Jonen ähnliche indifferente Eigenschaften. Ganz anders gestalten sich die Verhältnisse bei der Lösung von HNO_3 + $KClO_4$, welche sich von der äquivalenten Perchlorsäurelösung durch die Anwesenheit der wirksamen NO_3 Jonen unterscheidet. Deshalb tritt dieses Desinfektionsgemisch auch mit einem viel höheren Wert als die Perchlorsäure auf. Anstatt der Desinfektionskonstanten der letzteren, welche in allen drei untersuchten Fällen mit grosser Uebereinstimmung zu 0,122 ermittelt wurde, findet man für $NaNO_3$ + $HClO_4$ einen Wert von 0,225. Es ist also durch die NO_3 Jonen der Wert der Perchlorsäure fast verdoppeltt worden, so dass eine Wirkung in diesem Falle derjenigen, welche er in der Salpetersäure auf die Desinfektionsintensität des Wasserstoffjons ausübt, sehr nahe kommt; als Mass der letzteren

Tabelle 43.

Erhöhung der Desinfektionsgeschwindigkeitskonstanten von Säuren durch Neutralsalze bei verschiedener Konzentration (C).

Desinfektionsmittel	Versuchstabelle	Granaten-Nr.	Desinfektionsgeschwindigkeitskonstante K	Erhöhung in %	Erhöhung in % für 1/100-litriges Neutralsalz	$\frac{K}{K_{Säure}}$	$\frac{K}{K_{Säure} C_{Neutrals.}}$	$\frac{K}{C_{Neutralsalz.}}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
HCl = 100 litrig (= 1/100-normal)	12	X	0,015	—	—	—	—	—
(HCl+NaBr) = 100 litrig (= 1/100-normal)	12	X	0,031	107	107	2,07	2,07	0,031
(HCl+2NaBr) = 100 litrig	12	X	0,054	260	130	3,60	1,80	0,027
(HCl+3NaBr) = 100 litrig	12	X	0,107	613	204	7,13	2,38	0,036
(HCl+KJ) = 100 litrig (= 1/100-normal)	12	X	0,089	493	493	5,93	5,93	0,89
(HCl+2KJ) = 100 litrig	12	X	0,185	1133	567	12,33	6,17	0,92
HCl = 100 litrig (= 1/100-normal)	14	XII	0,073	—	—	—	—	—
(HCl+KNO_3) = 100 litrig (= 1/100-normal)	14	XII	0,079	8,22	8,22	1,00	1,00	0,079
(HCl+2KNO_3) = 100 litrig	14	XII	0,146	100	50	2,00	1,00	0,073
(HCl+3KNO_3) = 100 litrig	14	XII	0,214	193	64	2,93	0,98	0,071
(HCl+4KNO_3) = 100 litrig	14	XII	0,304	316	79	4,16	1,04	0,076
HNO_3 = 100 litrig (= 1/100-normal)	13	XII	0,134	—	—	—	—	—
(HNO_3+KNO_3) = 100 litrig	13	XII	0,163	21,6	21,6	1,29	1,29	0,163
(HNO_3+2KNO_3) = 100 litrig	13	XII	0,227	69,4	34,7	1,69	0,84	0,113
(HNO_3+3KNO_3) = 100 litrig	13	XII	0,272	103	34,3	2,03	0,68	0,091

kann doch das Verhältnis der Desinfektionskonstanten der Salpetersäure und Salzsäure angesehen werden, das in den meisten Fällen dem Werte 2 sehr nahe kommt. Den Einfluss, welchen die Konzentration des zugesetzten Anions auf den ursprünglichen Wert der Desinfektionskonstante der Säure HX_1 ausübt, ersieht man deutlich aus der Tabelle 43. In der Vertikalreihe 6 dieser Tabelle sind die Erhöhungen der Desinfektionskonstante in % für 1/100-normal Neutralsalz angeführt, welche aus den Erhöhungen bei grösserer Konzentration der letzteren berechnet wurden. Sie sind nicht konstant, sondern zeigen eine deutliche Zunahme mit der Konzentration des Neutralsalzes. Man ersieht hieraus, dass, wenn man zu einer 100-litrigen Lösung ($HX_1 + MeX_2$) noch 1 100-Mol MeX_2 hinzufügt, eine Beschleunigung hervorgerufen wird, die grösser ist als beim Zusatz der ersten Salzmenge. Aehnliches findet auch bei weiterem Zusatz des Neutralsalzes statt. Diese Verhältnisse wiederholen sich bei allen benutzten Neutralsalzen, welche zur Salzsäure hinzugefügt werden. Dagegen weisen die Werte der letzten zwei Vertikalreihen eine deutliche Gesetzmässigkeit auf. Sie besteht darin, dass sich die Desinfektionskonstanten der benutzten Desinfektionsgemische zur Konstanten der Säure $\frac{K}{K_{säure}}$ ungefähr so verhalten, wie die entsprechenden Konzentrationen der Neutralsalze. Dementsprechend müssen die Werte der 8. und 9. Vertikalreihe konstante Zahlen ergeben, was in der Tat mit genügender Annäherung zutrifft. Betrachtet man die Desinfektionsgeschwindigkeitskonstante K der reinen Salzsäure als Mass der Reaktionsgeschwindigkeit zwischen den Wasserstoffjonen und irgend einem Stoffe, welcher sich im Innern der Bakterien befindet, und fasst man die Wirkung der Neutralsalze als eine Beschleunigung dieser Reaktion auf, so ist zwischen der Desinfektionskonstante bei Anwesenheit der Neutralsalze K_1 und K_2 folgender Zusammenhang zu erwarten: $K_2 = K_1 . (1 + A.n)$, wo A ein Proportionalitätsfaktor und n die Konzentration des Neutralsalzes bedeuten. Diese Gleichung entspricht der Voraussetzung, dass die Beschleunigung der Neutralsalze

ihrer aktiven Masse proportional ist. Daraus folgt aber, dass der Ausdruck $\frac{K_2 - K_1}{K_1 \cdot n} A =$ konstant sein muss. Diese Zahlen sind nichts anderes, als die prozentuellen Erhöhungen für 1/100-Grammol Neutralsalz, die in der Vertikalreihe 4 der Tabelle 43 angeführt sind. Man ersieht, dass diese Zahlen nicht konstant sind, sondern mit wachsender Konzentration der Neutralsalze zunehmen. Dieser Umstand zeigt also, dass die katalytische Wirkung der Neutralsalze, wenn man sie als Katalysatoren der Reaktion zwischen Wasserstoffjonen und Bakteriensubstanz betrachtet, von den gewöhnlichen Katalysatoren bedeutend abweichen. Es wurde eine konstante prozentuelle Erhöhung, die auch z. B. S. Arrhenius[29]) bei der beschleunigenden Wirkung der Neutralsalze bei der Zuckerinversion festgestellt hat, nicht beobachtet. Es hat sich vielmehr ergeben, dass die gesamte Reaktionsgeschwindigkeit des Desinfektionsvorganges der Konzentration des Neutralsalzes, resp. seines wirksamen Jons proportional ist. Das geht am besten hervor aus der Vertikalreihe 6 obiger Tabelle, welche das Verhältnis der Desinfektionskonstante der Säure-Salz-Lösung zur entsprechenden Salzkonzentration darstellt. Ein ähnlicher Fall der Katalysatorenwirkung ist bei chemischen Reaktionen nur dann zu erwarten, wenn die Reaktionsgeschwindigkeit des nicht beschleunigten Systems sehr klein ist oder, wenn an der Hand der obigen Gleichung formuliert, K_1 einen sehr kleinen Wert hat. Dann ergibt sich ohne weiteres, das $K_2 = K_1 . A . n$. Dieser Fall wurde von Walton[30]) bei der Jodjonenkatalyse des Wasserstoffsuperoxyds beobachtet, bei welcher die Reaktionsgeschwindigkeit und nicht die Beschleunigung der Jodidkonzentration proportional ist. Hier tritt ein ähnlicher Fall auf. Man kann ihn aber nicht in derselben Weise deuten, da die Reaktionsgeschwindigkeit der nicht beschleunigten

[29]) S. Arrhenius, Ueber die Reaktionsgeschwindigkeit bei der Inversion von Rohrzucker durch Säuren. Zeitschr. f. physikal. Chemie 4, 226 (1889).

[30]) J. H. Walton, Die Jodjonenkatalyse des Wasserstoffsuperoxydes. Zeitschr. f. physikal. Chemie. 47, 184, (1904).

Reaktion mit reiner Salzsäure an und für sich einen bedeutenden Wert erreicht. Man kann also deshalb die Wirkung der Neutralsalze nicht als Beschleunigung der Wasserstoffjonenwirkung, welche z. B. bei der Zuckerinversion auftritt, auffassen.

Es scheinen vielmehr die Neutralsalze in der Weise zu wirken, dass sie einen ursprünglichen Vorgang proportional ihrer Konzentration beschleunigen. In diesem Falle würde der Gesamteinfluss der Salzsäure und des zugesetzten Neutralsalzes auf die Geschwindigkeit jenes ursprünglichen Vorganges durch folgende Gleichung zum Ausdruck kommen

$$K_2 = K \cdot B f_1(C_1) \cdot A \cdot f_2(n)$$

wo A und B Proportionalitätsfaktoren sind. $f_1(C_1)$ bedeutet den Einfluss der Wasserstoffionen- und $f_2(n)$ den Einfluss der Neutralsalzkonzentration. Diese Gleichung zeigt, dass in der Wirkungsweise der Wasserstoffionen und der Anionen nur ein Unterschied in bezug auf den Konzentrationseinfluss besteht.

Diese Ueberlegung führt zu der Vorstellung, dass durch das Hinzufügen der Salzsäure (Wasserstoffionen) zum Wasser, in dem die Bakterien suspendiert sind, nicht eine neue Abtötungsart hervorgerufen wird, sondern dass durch die Wasserstoffionen eine bereits vorhandene Abtötungsreaktion katalytisch beschleunigt wird. Durch den weiterhin erfolgenden Zusatz von Neutralsalzen wird diese ursprüngliche Abtötungsgeschwindigkeit nochmals beschleunigt. Die ursprüngliche Abtötungsgeschwindigkeit wird durch die Grösse K der Gleichung (3) zum Ausdruck gebracht.

Derjenige Fall, wo ein Neutralsalz mit der Säure ein gemeinschaftliches Jon besitzt, ist nur durch eine Versuchsreihe ($HNO_3 + nKNO_3$) = 1/100-normal vertreten. In diesem Falle tritt der Einfluss der Konzentration in etwas anderer Weise auf, indem er sich den gewöhnlichen Gesetzmässigkeiten der katalytischen Wirkung der Neutralsalze nähert und der zweiten Gleichung entspricht. Es sind nämlich in diesem Fall die Erhöhungen der Desinfek-

tionskonstanten in % bei verschiedener Konzentration des Neutralsalzes unter sich gleich.

b) Schlussfolgerung aus den Versuchen über den Einfluss der Neutralsalze.

Die Tatsache, dass Neutralsalze einen erheblichen Einfluss auf die Geschwindigkeit mancher chemischer Reaktionen ausüben, ist schon längst bekannt. Ein solcher Einfluss wurde hauptsächlich bei den katalytischen Reaktionen beobachtet. Doch sind in letzterer Zeit ähnliche Verhältnisse auch bei anderen Reaktionen festgestellt worden. Besonders eingehend sind die Verhältnisse bei der Zuckerinversion durch Säuren,[32]) bei der Katalyse von Estern durch Säuren,[33]) bei der Verseifung von Estern durch Basen,[34]) bei der Acetonkondensation[35]) und schliesslich bei der Waserstoffsuperoxydzersetzung.[36])

Es handelt sich bei all diesen Reaktionen um die Beschleunigung von katalytischen Reaktionen, denn mit Ausnahme der Verseifung der Erster durch Basen wirken sowohl die Säuren wie die Basen ohne nachweisbare direkte Beteiligung. Vor kurzem ist die beschleunigende Wirkung bei Gegenwart verschiedener Nitrate auf die Auflösungsgeschwindigkeit des Kupfers in Salpetersäure festgestellt worden, eine Erscheinung, die ebenfalls hierher gehört.[37]) Trotzdem ist die Frage der Wirkung der Neutralsalze noch nicht genügend geklärt, und mehrere Theorien sind herangezogen worden, um diese Erscheinung zu deuten.

Während Arrhenius[38]) davon ausgeht, dass der osmotische Druck (Gefrierpunktserniedrigung) von zwei in

---

[32]) S. Arrhenius, Zeitschr. f. physikal. Chemie 4, 226 (1889). Vergl. auch R. I. Caldwell, Proc. Roy. Soc., London, 78, 290 (1906). R. Wymper, Proc. Roy. Soc., London, 79, 576 (1907).

[33]) H. Trey, Journ. f. prakt. Chem. 2. Folge 34, 353 (1886). Vergl. auch H. E. Armstrong und I. A. Wadson, Proc. Roy. Soc., London. 79, 586 (1907).

[34]) S. Arrhenius, Zeitschr. f. physikal. Chem. 1, 110 (1887).

[35]) K. Koelichen, Zeitschr. f. physikal. Chem. 33, 129 (1900).

[36]) I. H. Walton, Zeitschr. f. physikal. Chem. 47, 185 (1904). Vergl. auch G. Bredig und R. Müller von Berneck, Zeitschr. f. physikal. Chem. 31, 258 (1899).

[37]) E. H. Rennie, A. I. Higgin und W. T. Cooke, Journ. chem. Soc. 93, 1162 (1908).

[38]) Zeitschr. f. physikal. Chem. 28, 317 (1899).

Lösung befindlichen Stoffen im allgemeinen grösser ist als die Summe der osmotischen Drucke der einzelnen Stoffe,[39]) ist er geneigt, „die rätselhafte inwirkung der Fremdkörper bei katalytischen Prozessen“ auf osmotische Ursachen zurückzuführen. Andere Forscher suchen diese Erscheinung durch die Hydratation der Salze zu erklären. Sie nehmen an, dass das Salz in der Lösung sich hydratisiert und dass dabei einem Teil des Wassers seine Fähigkeit als Lösungsmittel zu wirken, entzogen wird, so dass eine konzentrierende Wirkung auf den sich umsetzenden Stoff zustande kommt. Die mit Hilfe dieser Hypothese berechnete durchschnittliche Hydratation der Salze, d. h. die Zahl der Wassermolekeln, die von einem Mol des Salzes entzogen werden, führte sowohl bei der Katalyse mit Methylacetat, wie bei der Inversion des Zuckers zu übereinstimmenden Zahlen. Berücksichtigt man aber, dass nach R. W y m p e r der Zusatz von wasserentziehenden Stoffen, wie Glycerin, und Aethylalkohol eine Verzögerung der Inversion herbeiführt, so scheint diese Erklärungsweise nicht allgemein zuzutreffen.

Bei der Beurteilung der Neutralsalzwirkung auf physiologisch-chemische Reaktionen muss berücksichtigt werden, dass eine allgemein gültige Erklärung kaum möglich ist. Es dürfte vielleicht zweckmässig sein, die vielfach unter dem Namen der Neutralsalzwirkung zusammengefassten Erscheinungen in folgende drei Gruppen einzuteilen, die teilweise dem Dissoziationsgrad der in Betracht kommenden Desinfektionsmittel Rechnung tragen. Es ist ohne weiteres klar, dass beim Zusatz von Neutralsalz zu einem schwachen Elektrolyten mit gemeinschaftlichem Ion infolge der Zurückdrängung der Dissoziation eine Erniedrigung der Desinfektionsgeschwindigkeitskonstante hervorgerufen wird, falls das andere Ion des schwachen Elektrolyten im wesentlichen der Träger der Desinfektionswirkung ist. Hierzu gehören auch diejenigen Fälle, bei denen durch Zusatz von Neutralsalzen das wirksame Ion in ein komplexes Ion übergeführt wird. Diese Gruppe von Neutral-

[39]) R. A b e g g, Zeitschr. f. physikal. Chem. 15, 256 (1894).

salzwirkungen ist von B. Krönig und Th. Paul geprüft und bestätigt worden.[40])

Zur zweiten Gruppe gehören diejenigen Desinfektionsmittel, die mit Hilfe einer Verteilung zwischen Bakterieninhalt und dem Lösungsmittel wirken. Dieser Fall scheint bei der Giftwirkung des Phenols aufzutreten. Bekanntlich erfährt die letztere durch Zusatz von Kochsalz in ähnlicher Weise wie die Giftwirkung von Brenzkatechin durch Ammoniumsulfat eine starke Erhöhung.[41] In letzterer Zeit wurde diese Ansicht durch die Versuche von H. Reichelt[42]) besonders unterstützt.[43])

Was die dritte Gruppe der Neutralsalzwirkungen anbelangt, bei denen die Desinfektionswirkung starker Elektrolyte in Betracht kommt, so sind quantitative Untersuchungen nicht bekannt.

Vorliegende Versuche haben durch die direkte Messung des Einflusses der Neutralsalze auf die desinfizierende Wirkung starker Säuren in gewisser Beziehung Aufschluss über die dritte Gruppe der Neutralsalzwirkung gegeben. Die Abhängigkeit der beschleunigenden Wirkung der Neutralsalze von ihrer Konzentration bildet ein Analogon zu den von I. H. Walton bei der Zersetzung des Wasserstoffsuperoxyds in Anwesenheit von Jodiden beobachteten Tatsachen. Auch dort ist die Reaktionsgeschwindigkeit der Ionenkonzentration proportional. Dieser Einfluss der Konzentration führte zu der Annahme, dass auch die desinfizierende Wirkung der Wasserstoffionen katalytischer Natur

---

[40]) B. Krönig und Th. Paul, ebenda, S. 39.

[41]) Scheurlen, Die Bedeutung des Molekularzustandes der wassergelösten Desinfektionsmittel für ihren Wirkungswert. Arch. f. experim. Pathol. u. Pharmakol. 37, 74 (1896). — K. Spiro und H. Bruns, Zur Theorie der Desinfektion. Arch. f. experim. Pathol. u. Pharmakol. 41, 355 (1899).

[42]) H. Reichelt, Zur Theorie der Desinfektion. Diese Zeitschrift *22*, 149 (1909).

[43]) Die Aenderung des Teilungskoeffizienten eines Stoffes bei seiner Verteilung zwischen zwei Lösungsmitteln durch Zusatz fremder Stoffe steht in unmittelbarem Zusammenhang mit der sog. gegenseitigen Löslichkeitsbeeinflussung. Diese wurde thermodynamisch von V. Rothmund begründet und unter anderem auch für Phenol experimentell untersucht. Vergl. V. Rothmund und N. T. M. Wilsmore, Die Gegenseitigkeit der Löslichkeitsbeeinflussung. Zeitschr. f. physikal. Chem. 40, 611 (1902).

sei. Sie unterscheidet sich vor derjenigen der Neutralsalze nur quantitativ, nicht qualitativ. Beide müssen deshalb auch eine gemeinschaftliche Ursache haben.

Einfluss der Temperatur.

auf die Desinfektionsgeschwindigkeitskonstante der 100 litrigen Salzsäure.

Der Einfluss, welchen die Temperatur auf die bakterientötende Wirkung gelöster Desinfektionsmittel ausübt, ist schon längst bekannt. Nachdem schon Rob. Koch,[44]) Nocht[45]) und Henle"[46]) Beobachtungen in dieser Richtung angestellt hatten, hat Heider[47]) die Frage mehr quantitativ studiert. In neuerer Zeit wurde diese Frage auch von H. Chick und Th. Madsen behandelt, wobei in vielen untersuchten Fällen für die Beziehung zwischen der Desinfektionsgeschwindigkeitskonstante und der absoluten Temperatur die Gleichung von S. Arrhenius[48]) sich als giltig erwiesen hat. S. Arrhenius ging bei der Feststellung seiner Beziehung zwischen Geschwindigkeit chemischer Reaktionen und Temperatur von der Vorstellung aus, dass der sich umsetzende Stoff in zwei Formen, einer aktiven und einer inaktiven existenzfähig sei. Mit steigender Temperatur verschiebt sich das Gleichgewicht zwischen den aktiven und inaktiven Bestandteilen des sich umsetzenden Stoffes zu Gunsten der aktiven Form. In dieser Weise wird die allein an der Reaktion teilnehmende aktive Form bei höherer Temperatur in grösserer Konzentration vorliegen

---

[44]) R. Koch, Ueber Desinfektion. Mitteilungen aus dem Kaiserlichen Gesundheitsamt I (1881).

[45]) Nocht, Ueber die Verwendung von Karbolseifenlösungen zu Desinfektionszwecken. Zeitschr. f. Hygiene u. Infektionskrankh. 7, 521 (1889).

[46]) A. Henle, Ueber Creolin und seine wirksamen Bestandteile. Arch. f. Hygiene 9, 188 (1889).

[47]) A. Heider„ Ueber die Wirksamkeit der Desinfektionsmittel bei erhöhter Temperatur. Arch. f. Hygiene 15, 341 (1892).

[48]) S. Arrhenius, Ueber die Reaktionsgeschwindigkeit bei der Inversion von Rohrzucker durch Säuren. Zeitschr. f. physikal. Chem. 4, 226 (1889).

und dadurch auch eine grössere Reaktionsgeschwindigkeit hervorrufen. Ueberträgt man diese Vorstellung auf den Desinfektionsvorgang, so ergibt sich, dass der Grund für die Zunahme der Desinfektionsgeschwindigkeit mit der Temperatur hauptsächlich in der steigenden Reaktionsfähigkeit der Bakteriensubstanz und nicht des Desinfektionsmittels beruht. Es kann keinem Zweifel unterliegen, dass die rapide Zunahme der Abtötung von Bakterien mit steigender Temperatur zum grössten Teile auf solchen chemischen Ursachen beruht. Es darf aber andererseits nicht verkannt werden, dass insbesondere bei höheren Temperaturen auch von sekundären Vorgängen, wie z. B. Aenderung der Widerstandsfähigkeit der Bakterien, das rapide Absterben teilweise verursacht werden kann. Es wurden deshalb, um ein direktes Mass der Zunahme der Desinfektionsgeschwindigkeit mit der Temperatur für 10 Grad zu erhalten, auch bei den Versuchen mit gelösten Stoffen die Resultate in ähnlicher Weise rechnerisch zu verwerten gesucht, wie das oben bei den Gasen eingehend gezeigt worden war.[49]) Die Untersuchung des Temperatureinflusses ist durch 3 Versuchsreihen dargestellt worden, wobei die Temperaturen sich zwischen 1° und 47° bewegen. Indessen scheinen die Versuche der letzten Reihe am meisten massgebend zu sein, da sie alle an einem Tag durchgeführt waren. Dieser Umstand ist deshalb von Wichtigkeit, weil an verschiedenen Tagen die Desinfektionskonstanten der gleichen Granate bei gleicher Temperatur und gleichem Desinfektionsmittel nicht immer mit ganz demselben Werte auftreten. Die Versuchsergebnisse sind eingehend in Tabellen 44 bis 52 angeführt. Ausserdem findet man in der Tabelle 53 eine Uebersicht über die Zunahme der Desinfektionsgeschwindigkeitskonstante für eine Temperaturzunahme von je 10°. Diese wird durch die Vertikalreihe 4 der Tabelle dargestellt. Bei der Betrachtung dieser Werte ergibt sich zunächst, dass diese Zunahme für 10° bei allen drei Versuchsreihen nicht konstant ist, sondern mit steigender Temperatur zunimmt. Während der

[49]) Vergl. Seite 43 dieser Abhandlung.

Tabelle 44.

(Versuchsreihe 8; am 29. Dezember 1908.)

Einwirkung von 100 literiger (= $^1/_{100}$ normaler) Salzsäure auf angetrocknete Staphylokokken.

Staphylokokkengranate II.

Einwirkungstemperatur +18,0°.

Einwirkungszeit in Minuten	Zahl der keimfähig gebliebenen Bakterien a) auf den einzelnen Platten 1. Platte	2. Platte	3. Platte	4. Platte	5. Platte	6. Platte	b) Mittelzahl	Desinfektionsgeschwindigkeitskonstante K
								bezogen auf 1274 als Anfangszahl
3,0	1363	1036	1331	1472	1171	1273	1274	—
6,0	678	1036	998	1267	307	595	814	0,149
10,0	403	201	460	—	824	633	504	0,133
15,0	550	262	460	492	256	--	404	0,096
20,0	260	180	153	122	-	—	179	0,116
30,0	90	170	—	96	107	130	119	0,088
40,0	26	37	38	53	-	41	39	0,094
60,0	17	14	18	22	3	—	16	0,077
90,0	1	7	1	—	3	1	3	0,070
								Mittel: 0,103

Tabelle 45.

(Versuchsreihe 9; am 3. Januar 1909.)

Einwirkung von 100 literiger (= $^1/_{100}$ normaler) Salzsäure auf angetrocknete Staphylokokken.

Staphylokokkengranate II.

Einwirkungstemperatur +1,0°.

Einwirkungszeit in Minuten	Zahl der keimfähig gebliebenen Bakterien a) auf den einzelnen Platten 1. Platte	2. Platte	3. Platte	4. Platte	5. Platte	6. Platte	b) Mittelzahl	Desinfektionsgeschwindigkeitskonstante K
								bezogen auf 1210 als Anfangszahl
3,0	—	1184	1510	1324	1113	921	1210	—
15,0	1273	1491	979	729	332	601	901	0,025
20,0	1004	422	217	345	1158	249	566	0,045
30.0	384	480	640	377	627	524	505	0,032
40,0	364	377	281	422	204	422	345	0,034
60,0	21	87	104	88	30	70	67	0,051
90,0	24	32	33	—	65	29	37	0,040
130,0	61	—	64	31	25	6	37	0,027
180,0	10	3	8	9	3	7	7	0,029
								Mittel: 0,035

Tabelle 46.

(Versuchsreihe 10; am 5. Januar 1909.)

Einwirkung von 100literiger (= $^1/_{100}$ normaler) Salzsäure auf angetrocknete Staphylokokken.

Staphylokokkengranate II.

Einwirkungstemperatur +37,0°.

Einwirkungszeit in Minuten	Zahl der keimfähig gebliebenen Bakterien							Desinfektionsgeschwindigkeitskonstante K
	a) auf den einzelnen Platten						b)	
	1. Platte	2. Platte	3. Platte	4. Platte	5. Platte	6. Platte	Mittelzahl	
								bezogen auf 1843 als Anfangszahl
2,0	—	2611	1420	665	—	2675	1843	—
6 0	151	245	467	339	108	153	244	0.506
10,0	—	80	101	30	70	25	51	0,448
15,0	4	4	6	4	1	2	4	0.472
20,0	0	2	0	2	0	—	1	0,418
								Mittel 0 461

Tabelle 47.

(Versuchsreihe 11; am 11. Januar 1909.)

Einwirkung von 100literiger (= $^1/_{100}$ normaler) Salzsäure auf angetrocknete Staphylokokken.

Staphylokokkengranate II.

Einwirkungstemperatur +10,0°.

Einwirkungszeit in Minuten	Zahl der keimfähig gebliebenen Bakterien							Desinfektionsgeschwindigkeitskonstante K
	a) auf den einzelnen Platten						b)	
	1. Platte	2. Platte	3. Platte	4. Platte	5. Platte	6. Platte	Mittelzahl	
								bezogen auf 1028 als Anfangszahl
10,0	691	710	1248	857	1510	1152	1028	—
15,0	563	902	576	512	723	627	651	0,091
20,0	441	184	486	908	275	—	459	0,081
30,0	390	576	486	345	870	390	510	0,035
40 0	499	115	225	156	190	241	238	0.049
50,0	69	85	85	76	146	126	98	0.059
60 0	18	84	32	21	99	62	53	0,059
90,0	16	4	25	38	9	22	19	0,050
130 0	6	5	0	3	3	3	3	0 049
								Mittel: 0,059

Tabelle 48.

(Versuchsreihe 12; am 20. Januar 1909.)

Einwirkung von 100literiger (= $^1/_{100}$ normaler) Salzsäure auf angetrocknete Staphylokokken bei verschiedenen Temperaturen.

Staphylokokkengranate II.

Einwirkungstemperatur	Einwirkungszeit in Minuten	Zahl der keimfähig gebliebenen Bakterien: a) auf den einzelnen Platten 1. Platte	2. Platte	3. Platte	4. Platte	5. Platte	6. Platte	b) Mittelzahl	Desinfektionsgeschwindigkeitskonstante K
									bezogen auf 120 als Anfangszahl
+47.0°	1,0	57	217	168	86	27	162	120	—
„	2,0	14	1	16	27	23	21	17	1,955
„	3,0	2	1	2	3	1	2	2	2,047
									Mittel 2,001
									bezogen auf 713 als Anfangszahl
+26,0°	4,0	428	358	352	2028	237	876	713	—
„	7,0	193	315	218	367	280	395	295	0 294
„	10,0	91	177	121	99	143	140	128	0 286
„	13,0	48	18	96	41	38	105	58	0.279
„	16,0	4	4	19	20	14	20	14	0.328
„	20,0	13	3	15	2	0	0	6	0.299
									Mittel: 0.297

Temperatursteigerung im Temperaturabschnitt von 0° bis 10° eine Zunahme der Desinfektionsgeschwindigkeitskonstante um etwa das 1,5fache entspricht, erhöht sich die letztere beim nächsten Temperaturabschnitt von 10° bis 20° zu etwa 2, um dann zwischen 20° und 30° auf 2,3 und zwischen 30° und 40° auf 2,6 zu steigen. Die Ergebnisse der zwei übrigen Versuchsreihen sind qualitativ dieselben. Auch hier beginnt die Zunahme bei niederer Temperatur mit einem kleineren Wert, der mit steigender Temperatur zunimmt. Diese Zunahme um 10° liegt auch bei höheren Temperaturen in den meisten Fällen zwischen 2 und 3. Wenn also mit steigender Temperatur die Zunahme der Desinfektionsgeschwindigkeit für je 10° grösser wird, so wird andererseits dieses Anwachsen mit steigender Temperatur immer kleiner. Auch oben bei den Gasversuchen

Tabelle 49.

(Versuchsreihe 16; am 17. Februar 1909.)

Einwirkung von 100 literiger (= $^1/_{100}$ normaler) Salzsäure auf angetrocknete Staphylokokken bei verschiedenen Temperaturen.

Staphylokokkengranate IV A.

Einwirkungstemperatur	Einwirkungszeit in Minuten	Zahl der keimfähig gebliebenen Bakterien: a) auf den einzelnen Platten: 1. Platte	2. Platte	3. Platte	4. Platte	5. Platte	6. Platte	b) Mittelzahl	Desinfektionsgeschwindigkeitskonstante K
									bezogen auf 11640 als Anfangszahl
+37,1°	2,0	24284	9967	11520	10656	7891	14572	11540	—
„	3,0	6508	6508	6048	6681	6796	6912	6576	0,571
„	5,0	—	—	2635	2220	2086	3353	2424	0,523
„	7,0	723	2092	819	915	563	1520	1107	0,471
„	8,0	396	640	505	473	441	332	465	0,537
„	10,0	409	51	81	42	42	30	109	0,584
„	12,0	92	30	52	63	15	50	50	0,546
„	14,0	17	6	6	9	21	45	21	0,527
„	16.0	16	1	2	38	11	5	14	0,481
„	20,0	10	33	4	2	5	1	9	0,399
									Mittel: 0,515

									bezogen auf 18267 als Anfangszahl
+28,0°	3,0	19784	18720	16128	17856	18086	19238	18267	—
„	5,0	14054	7257	12038	16358	15033	16358	13516	0,151
„	11,0	4166	3884	3315	4051	3219	4172	3801	0,196
„	14,0	1139	1740	2432	1068	2470	1369	1703	0,216
„	17,0	960	2508	1088	748	652	1222	1196	0,195
„	20,0	1004	158	4461	—	521	—	536	0,210
„	23,0	305	101	11	242	147	113	153	0,239
„	30,0	42	79	136	133	55	172	123	0,185
„	40,0	83	2	36	32	1	15	28	0,176
„	60,0	2	2	1	14	5	1	4	0,144
									Mittel: 0,190

									bezogen auf 1121 als Anfangszahl
+18,1°	40,0	780	710	1542	1452	755	1484	1121	—
„	60,0	—	230	167	377	164	305	207	0,085
„	90,0	18	6	7	9	21	17	13	0,089
									Mittel: 0,087

Tabelle 50.

(Versuchsreihe 17; am 22. Februar 1909.)

Einwirkung von 100 literiger (= $^1/_{100}$ normaler) Salzsäure auf angetrocknete Staphylokokken bei verschiedenen Temperaturen.

Staphylokokkengranate IV A.

Einwirkungstemperatur	Einwirkungszeit in Minuten	Zahl der keimfähig gebliebenen Bakterien: a) auf den einzelnen Platten 1. Platte	2. Platte	3. Platte	4. Platte	5. Platte	6. Platte	b) Mittelzahl	Desinfektionsgeschwindigkeitskonstante K
									bezogen auf 10272 als Anfangszahl
+ 1,4°	5,0	8236	11980	12211	8985	11289	8928	10272	—
„	45,0	—	4608	7718	3398	5068	4147	4988	0,017
„	80,0	—	569	2617	742	812	1312	1210	0,028
„	110,0	652	—	435	1587	454	448	715	0,025
„	140,0	56	198	114	238	145	77	138	0,032
„	200,0	11	51	9	17	80	37	36	0,029
„	230,0	19	14	4	12	7	0	9	0,031
„	260,0	0	0	5	11	6	8	5	0,030
„	330,0	0	1	0	2	2	4	2	0.026
								Mittel:	0,027
									bezogen auf 19891 als Anfangszahl
+ 10,6°	6,0	25344	13305	25113	17222	14572	23788	19891	—
„	12,0	19180	11006	19987	11577	17798	17049	16098	0,035
„	20,0	—	14457	18547	10540	12384	11347	13455	0,028
„	40,0	3232	7436	2419	3946	6854	5984	4829	0,039
„	55,0	3878	3641	2150	1184	4992	3104	3158	0,038
„	70,0	1088	2854	1248	1011	1548	1216	1494	0,041
„	85,0	825	1497	1715	748	550	652	998	0,038
„	100,0	12	448	41	633	454	492	347	0,043
„	160,0	21	21	53	85	100	24	51	0,039
„	200,0	37	15	6	5	19	14	14	0,038
								Mittel:	0,038

wurde gezeigt, dass die Zunahme der Desinfektionsgeschwindigkeitskonstante für je 10° nicht konstant ist. Dort liegen aber die Verhältnisse in umgekehrtem Sinne, indem diese Temperaturzunahme mit steigender Temperatur abnimmt. Es stellt sich also heraus, dass in dieser Beziehung die Abtötugn mit Gasen ein anderes Bild zeigt, als die Abtötung mit gelösten Desinfektionsmitteln. Bei den Gasen wurde versucht, diese Abnahme mit Hilfe der Annahme

Tabelle 51. (Versuchsreihe 18; am 1. März 1909.)
Einwirkung von 100literiger (= $^1/_{100}$ normaler) Salzsäure auf angetrocknete Staphylokokken bei verschiedenen Temperaturen.
Staphylokokkengranate IV A.

Einwirkungstemperatur	Einwirkungszeit in Minuten	Zahl der keimfähig gebliebenen Bakterien: a) auf den einzelnen Platten: 1. Platte	2. Platte	3. Platte	4. Platte	5. Platte	6. Platte	b) Mittelzahl	Desinfektionsgeschwindigkeitskonstante K
									bezogen auf 8947 als Anfangszahl
+0,4°	30.0	11635	9273	8524	7948	7948	8352	8947	—
„	70.0	1625	5414	3628	1696	3571	3974	3318	0.025
„	100.0	1113	518	1644	1004	486	556	887	0.032
„	130.0	633	403	563	102	272	202	363	0.032
„	160.0	665	152	364	403	35	81	283	0.028
„	200.0	10	9	9	27	10	15	14	0.037
									Mittel: 0.031
									bezogen auf 2536 als Anfangszahl
+9.2	40.0	3801	3571	2764	1024	3225	832	2536	—
„	60.0	3110	377	998	998	1107	953	1257	0.035
„	80.0	138	280	168	224	163	512	248	0.058
„	100.0	97	427	341	215	34	31	191	0.043
									Mittel: 0.045
									bezogen auf 11578 als Anfangszahl
+17.9°	20.0	7027	13248	8582	8640	16704	25264	11578	—
„	30.0	4320	5356	5414	6163	4089	3744	4848	0.087
„	40.0	1772	1049	1235	729	3513	2649	1825	0.092
„	50.0	1484	761	1708	2156	1094	1875	1513	0.068
„	60.0	169	268	285	480	384	915	417	0.087
„	70.0	505	118	178	197	238	165	234	0.078
									Mittel: 0.082
									bezogen auf 5779 als Anfangszahl
+27.7°	10.0	5414	4089	5644	7315	7488	4723	5779	—
„	18.5	524	3283	972	352	928	1971	1338	0.172
„	22.0	473	665	710	119	347	595	492	0.205
									Mittel: 0.189
									bezogen auf 2091 als Anfangszahl
+37.0°	4.0	1728	1081	2638	2080	1568	3398	2091	—
„	8.0	268	441	177	115	512	332	308	0.482
„	10.0	87	10	88	31	390	190	133	0.461
									Mittel: 0.472

einer Adsorption zu deuten. Dagegen scheint es noch verfrüht zu sein, eine Deutung für das Verhalten der gelösten Desinfektionsmittel zu finden.

Tabelle 52.

Zusammenstellung der Desinfektionsgeschwindigkeitskonstanten von 100litriger ($^1/_{100}$ normaler) Salzsäure bei verschiedenen Temperaturen.

Nummer des Versuches	Datum	Nummer der Tabelle	Nummer der Granate	Temperatur	Desinfektionsgeschwindigkeitskonstante K
9	3. I. 09	45	II	+ 1°	0,035
11	11. I. 09	47	II	+ 10°	0 059
8	29. XII. 08	44	II	+ 18°	0,103
12	20. I. 09	48	II	+ 26°	0 297
10	5. I. 09	46	II	+ 37°	0,461
12	20. I. 09	48	II	+ 47°	2,001
17	22. II. 09	50	IVa	+ 1,4°	0,027
17	22. II. 09	50	IVa	+ 10,6°	0,038
16	17. II. 09	49	IVa	+ 18,1°	0,087
16	17. II. 09	49	IVa	+ 28°	0,190
16	17. II. 09	49	IVa	+ 37,1°	0,515
18	1. III. 09	51	IVa	+ 0,4°	0,031
18	1. III. 09	51	IVa	+ 9,2°	0,045
18	1. III. 09	51	IVa	+ 17,9°	0,082
18	1. III. 09	51	IVa	+ 27,7°	0,189
18	1. III. 09	51	IVa	+ 37,0°	0,472

Tabelle 53.

Zunahme der Desinfektionsgeschwindigkeitskonstante für einen Temperaturabschnitt von 10°.

Desinfektionsmittel: 100 literige (= $^1/_{100}$ normale) Salzsäure.

Dauer der Versuchsreihe Nummer der Granate	Nummern der Tabellen	Temperaturabschnitt, der zur Berechnung benutzt wurde	Zuhnahme der Desinfektionsgeschwindigkeit für einen Temperaturabschnitt von 10°
1	2	3	4
I. angefangen am 29. XII. 08, beendigt am 20. I. 09. Staphylokokkengranate II.	45 und 47	1 bis 10°	1,79
	44 und 47	10 bis 18°	2,01
	44 und 46	18 bis 37°	2,24
	48	26 bis 47°	2,48
II. angefangen am 17. II. 09, beendigt am 22. II. 09, Staphylohokkengranate IVa	50	1.4 bis 10,6°	1.46
	49	18.1 bis 28,0°	2.20
	49	28.0 bis 37 1°	2.99
III. ausgeführt am 1. III. 09. Staphylokokkengranate IVa	51	0.4 bis 9.2°	1.53
	51	9.2 bis 17.9°	2 00
	51	17.9 bis 27.7°	2.35
	51	27.7 bis 37.0°	2.67

Schlusssätze.

1. Die Geschwindigkeit des Absterbens (Desinfektionsgeschwindigkeit) trockener Bakterien (Staphylokokken) in Sauerstoff-Stickstoff-Gemischen erfolgt nach der Gleichung einer monomolekularen Reaktion. Mit Hilfe dieser Gleichung lassen sich Desinfektionsgeschwindigkeitskonstanten berechnen.

2. Diese Desinfektionsgeschwindigkeitskonstanten sind der Quadratwurzel der Sauerstoffkonzentration annähernd proportional, sodass die Geschwindigkeit des Absterbens (Desinfektionsgeschwindigkeit trockener Bakterien (Staphylokokken) derselben Gesetzmässigkeit wie die langsame Oxydation des Phosphors folgt.

3. Der Temperaturkoeffizient der Desinfektionsgeschwindigkeit bei Sauerstoff-Stickstoff-Gemischen liegt für eine Temperatursteigerung von 10° zwischen 2 und 3; er ist nicht konstant, sondern nimmt im untersuchten Temperaturgebiete von +18° bis +37° mit steigender Temperatur ab.

4. Die bei dem Desinfektionsvorgange bei Sauerstoff-Stickstoff-Gemischen beobachtete Abweichung vom Henry'schen Gesetz lässt sich auf das Dissoziationsgleichgewicht des Sauerstoffs $O_2 \rightleftarrows 2O$ zurückführen. Zur Deutung dieser Abweichung lässt sich auch die Adsorptionsisotherme heranziehen.

5. Die Abnahme des Temperaturkoeffizienten der Desinfektionsgeschwindigkeit bei Sauerstoff-Stickstoff-Gemischen spricht zugunsten der Mitwirkung von Adsorptionsvorgängen.

6. Die sogenannte „Granatenmethode", wie sie von B. Krönig und Th. Paul zunächst für flüssige Desinfektions-

mittel ausgearbeitet wurde, hat sich für das Studium der Einwirkung von Gasen auf die Bakterien sehr brauchbar erwiesen.

7. Die Desinfektionswirkung der untersuchten organischen Säuren, Essigsäure und n-Buttersäure, übertrifft bedeutend diejenige der Salzsäure in isohydrischer Lösung.

8. Die Desinfektionsgeschwindigkeitskonstante der wässerigen Salzsäure ist in Verdünnungen von 1 Grammol in 25 bis 150 Litern ungefähr der Quadratwurzel der Säurekonzentration direkt proportional.

9. Die Desinfektionsgeschwindigkeitskonstante der Essigsäure ist in den wässerigen Verdünnungen von 1 Grammol in 2 bis 31 Litern der Säurekonzentration direkt proportional.

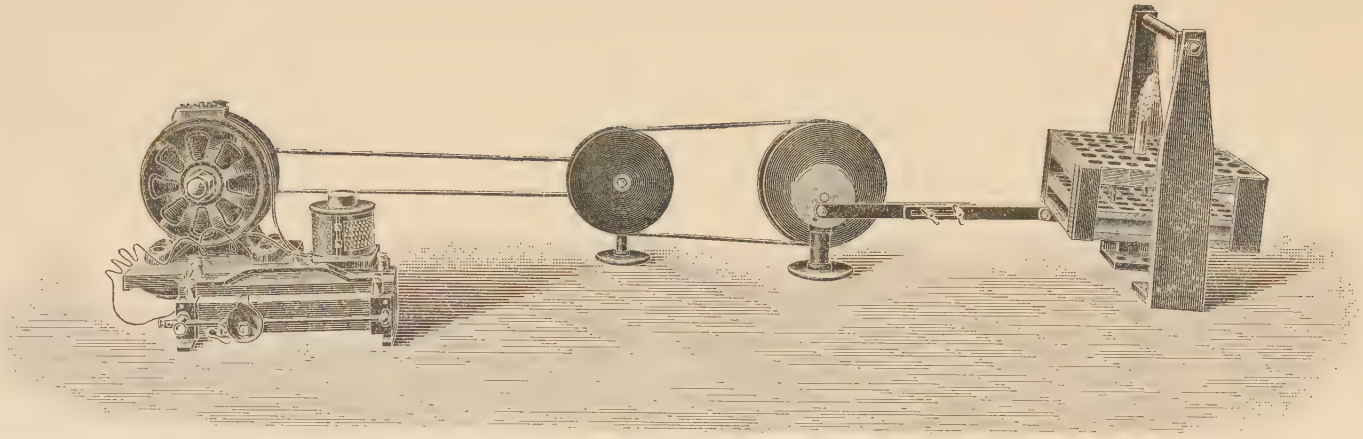
10. Die Desinfektionsgeschwindigkeitskonstante der n-Buttersäure ist in den wässerigen Verdünnungen von 6,6 bis 26 Litern ungefähr dem Quadrate der Säurekonzentration direkt proportional.

11. Die isohydrischen Lösungen von acht untersuchten organischen Säuren treten mit verschiedenen Desinfektionsgeschwindigkeitskonstanten auf. Diese Tatsache lässt sich auf eine beschleunigende Wirkung der Anionen zurückführen.

12. Organische Salze in Konzentrationen, bei denen sie an und für sich keine Abtötung der Bakterien hervorrufen, beschleunigen die Desinfektionswirkung von organischen Säuren mit gemeinschaftlichem oder verschiedenem Anion.

13. Die Desinfektionsgeschwindigkeitskonstanten von zwei Säure-Salz-Gemischen mit verschiedenem Gehalt an Salz verhalten sich wie die Konzentration der letzteren.

14. Der Temperaturkoeffizient der Desinfektionsgeschwindigkeitskonstante bei 1/100 litriger wässeriger Salzsäure liegt für eine Temperatursteigerung von je 10° etwa zwischen 2 und 3. Er ist im untersuchten Temperaturgebiet von +1° bis +47° nicht konstant, sondern nimmt mit steigender Temperatur zu.



Maschine zum Schütteln der Staphylokokkengranaten mit Wasser.

Inhalts-Verzeichnis.

Seite

I. Einleitung 1

II. Versuchsanordnung 4

Wahl der Bakterien 4

Wahl der Methode 4

Herstellung der Kulturen und der Versuchsgranaten . 6

Ausführung der Desinfektion 8

a) Gasförmige Desinfektionsmittel 8

b) Flüssige Desinfektionsmittel 9

Bakterienzahlbestimmung 12

III. Haltbarkeit der Versuchsgranaten 12

IV. Versuchsfehler 15

Genauigkeit der Bakterienzahlbestimmung . . 15

Versuche, die Ungleichmässigkeit der Granaten auszuschalten 17

Genauigkeit der Suspensionsmethode 19

Einfluss der Versuchsfehler auf die Desinfektionsgeschwindigkeitskonstante K 22

V. Versuche mit Gasen 24

Wahl der Versuchsgase 24

Versuchsergebnisse 31

Einfluss der Sauerstoffkonzentration auf die Desinfektionskonstante 32

Analogie zwischen der Abtötung der Bakterien durch Sauerstoff und der chemischen Oxydationswirkung des gasförmigen Sauerstoffs . . . 38

Die Adsorption als kinetischer Faktor bei der Abtötung der Bakterien durch Sauerstoff 39

Einfluss der Temperatur 41

Seite

VI. Versuche mit flüssigen Desinfektionsmitteln 46
Einfluss der Konzentration 46
Versuchsergebnisse 47
a) Einwirkung der isohydrischen Lösungen anorganischer Säuren 47
b) Einwirkung der Salzsäure bei verschiedener Konzentration 49
c) Einwirkung der Essigsäure und der n-Buttersäure bei verschiedenen Konzentrationen . . 55

VII. Einfluss der Neutralsalze auf die Desinfektionsgeschwindigkeit der Säuren 62
a) Versuchsergebnisse 62
b) Schlussfolgerungen aus den Versuchen über den Einfluss der Neutralsalze 84

VIII. Einfluss der Temperatur auf die Desinfektionsgeschwindigkeitskonstante der 100-litrigen Salzsäure . . . 87

IX. Schlussätze 97

Ich, Anton Reuss, wurde geboren am 31. Dezember 1871 in Altötting (Oberbayern) als Sohn des nachmaligen, inzwischen verstorbenen Obersten Friedrich Reuss. Im Jahre 1874 kam unsere Familie nach Regensburg, woselbst ich auch die Volksschule und das humanistische Gymnasium besuchte. Im Jahre 1885 siedelte unsere Familie nach München über und ich besuchte daselbst das Realgymnasium.

Im Jahre 1890 wandte ich mich zur Pharmazie und legte 1893 das Gehilfenexamen ab. Dann konditionierte ich in Frankfurt a. M., Ste. Croix (franz. Schweiz), München, Roth a. S. und begab mich dann im Sommersemester 1897 an die Universität München zum Studium. Nach Ablegung der pharmazeutischen Staatsprüfung wandte ich mich wieder zur praktischen Pharmazie und konditionierte in verschiedenen Apotheken des In- und Auslandes (München, Tutzing, Davos, Rom, Nervi, Sanremo). Im Wintersemester 1906 ging ich wieder an die Universität München, um mich dem Studium der Nahrungsmittelchemie zu widmen. Im Jahre 1907 bestand ich das chemische Verbandsexamen mit Ergänzungsexamen in Mineralogie und 1909 die Hauptprüfung für Nahrungsmittelchemiker.

Seit November 1906 war ich Hilfsassistent und seit 1. April 1908 Assistent am Kgl. Pharmazeutischen Institut und Laboratorium für angewandte Chemie an der Kgl. Universität München, in welcher Stellung ich mich zur Zeit noch befinde.